

VII. Deutsch-Russischer Logistik- und SCM Workshop  
DR-LOG'12

St. Petersburg, 16.-19. Mai 2012



VII. Российско-Немецкая конференция по логистике  
и SCM DR-LOG'12

Санкт-Петербург, 16-19 мая 2012

**Спонсоры / Sponsoren**



**Flexibility and adaptability of global supply chains:** Tagungsband des 7. Deutsch-Russischen Logistik Workshop, Hrsg.: Ivanov D., Sokolov B., Kaeschel J. Sankt Petersburg, 2012, 480 Seiten.

**Гибкость и адаптивность глобальных цепей поставок:** Материалы Седьмой Российско-Немецкой конференции по логистике, под ред. Иванова Д.А., Соколова Б.В., Кэшеля Й. Санкт-Петербург, 2012, 480 с.

Председатель DR-LOG: проф., д.э.н. Дмитрий Александрович Иванов (Берлин)

Председатель Национального Оргкомитета DR-LOG 2012: проф., д.т.н. Борис Владимирович Соколов (Санкт-Петербург)

DR-LOG Chair: Prof. Dr. Dmitry Ivanov (Berlin)

Chair National Committee DR-LOG 2012: Prof. Dr.-Ing. Boris Sokolov (St. Petersburg)

### DR-LOG 2012 Programmkomitee

Prof. Dr. B. Anikin (Moskau)	Prof. Dr.-Ing. K. Mertins (Berlin)
Prof. Dr.-Ing. A. Archipow (St. Petersburg)	Prof. Dr.-Ing. L. Mirotin (Moskau)
Prof. Dr. A. Butrin (Tschelyabinsk)	Prof. Dr.-Ing. E. Müller (Chemnitz)
Prof. Dr. J. Daduna (Berlin)	Prof. Dr. A. Nekrasow (Moskau)
Prof. Dr.-Ing. W. Dangelmaier (Paderborn)	Prof. Dr.-Ing. P. Nyhuis (Hannover)
Prof. Dr. h.c. W. Domschke (Darmstadt)	Prof. Dr. G. Prause (Wismar)
Prof. Dr. V. Dybskaya (Moskau)	Prof. Dr. T. Prokofjewa (Moskau)
Prof. Dr. R. Elbert (Darmstadt)	Prof. Dr. O. Protsenko (Moskau)
Prof. Dr. Y. Fedotov (St. Petersburg)	Prof. Dr. K. Richter (St. Petersburg)
Prof. Dr. V. Gerami (Moskau)	Prof. Dr.-Ing. M. Schenk (Magdeburg)
Prof. Dr. H.-D. Haasis (Bremen)	Prof. Dr. V. Sergeev (Moskau)
Prof. Dr. D. Ivanov (Berlin)	Prof. Dr. W. Scherbakow (St. Petersburg)
Prof. Dr. J. Käschel (Chemnitz)	Prof. Dr.-Ing. A. Smirnov (St. Petersburg)
Prof. Dr. h.c. W. Kersten (Hamburg)	Prof. Dr.-Ing. B. Sokolow (St. Petersburg)
Prof. Dr. P. Klaus (Nürnberg)	Prof. Dr.-Ing. B. Scholz-Reiter (Bremen)
Prof. Dr. P. Köchel (Chemnitz)	Prof. Dr. T. Spengler (Braunschweig)
Prof. Dr.-Ing. H. Kopfer (Bremen)	Prof. Dr. H. Stadler (Hamburg)
Prof. Dr. E. Korolewa (St. Petersburg)	Prof. Dr.-Ing. F. Straube (Berlin)
Prof. Dr. E. Korovyakovskiy (St. Petersburg)	Prof. Dr. T. Teich (Zwickau)
Prof. Dr. A. Kuhn (Dortmund)	Prof. Dr. J. Tolujew (Magdeburg)
Prof. Dr. V. Kurganov (Tver)	Prof. Dr. S. Uwarow (St. Petersburg)
Prof. Dr.-Ing. R. Lackes (Dortmund)	Prof. Dr. S. Voss (Hamburg)
Prof. Dr. A. Madera (Moskau)	Prof. Dr. E. Zaizew (St. Petersburg)
Prof. Dr.-Ing. U. Meinberg (Cottbus)	Prof. Dr. V. Zakharov (St. Petersburg)

ISBN

© Иванов Д.А., Соколов Б.В., Кэшель Й, научное редактирование, 2012  
Ivanov D., Sokolov B., Kaeschel J., Editors, 2012

*Editors:*  
Dmitry Ivanov,  
Boris Sokolov,  
Joachim Käschel

# **FLEXIBILITY AND ADAPTABILITY OF GLOBAL SUPPLY CHAINS**

Proceedings of the 7<sup>th</sup> German-Russian Logistics Workshop  
DR-LOG 2012

Saint Petersburg  
2012

*Под научной редакцией:*

Иванов Д.А.,  
Соколов Б.В.,  
Кэшель Й.

# **ГИБКОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ ГЛОБАЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК**

Сборник статей Седьмой Российско-Немецкой конференции  
по логистике и SCM DR-LOG 2012

Санкт-Петербург  
2012

## INHALTSVERZEICHNIS

<i>D. Ivanov, B. Sokolov, J. Käschel.</i> DEUTSCH-RUSSISCHE WISSENSCHAFTSGEMEINSCHAFT LOGISTIK DR-LOG .....	13
---	----

### SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

<i>D. Ivanov, B. Sokolov.</i> MAXIMUM PRINCIPLE-BASED SUPPLY CHAIN SCHEDULING .....	17
<i>S. Uvarov, E. Zaitzev.</i> STRATEGIC AND INTEGRATED PLANNING OF THE LOGISTIC SYSTEMS .....	24
<i>W. Kersten, M. Lopez Castellanos.</i> SUPPLY CHAIN BUILDING BLOCKS - DEVELOPMENT OF AN AGENT BASED SIMULATION .....	33
<i>G. Aust.</i> A MODEL OF SUPPLIER-MANUFACTURER INTERACTION WHEN DEMAND IS SENSITIVE TO PRICE AND QUALITY .....	40
<i>N. Maslan, P. Letmathe.</i> TQM AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PRACTICES IN RUSSIA AND GERMANY .....	49
<i>D. Zhuravlev, G. Lewkin.</i> GLOBAL SUPPLY NETWORKS MANAGEMENT .....	57
<i>V. Mikhailov.</i> PRECONDITIONS FOR LOGISTIC INTEGRATION OF SUPPLY CHAIN PARTNERS IN AUTOMOBILE INDUSTRY .....	64
<i>E. Sukonkina.</i> VENDOR MANAGED INVENTORY: STRATEGIC PARTNERSHIPS IN MODERN SUPPLY CHAINS .....	69

### BESTANDS- UND DISTRIBUTIONSMANAGEMENT

<i>P. Koechel.</i> PERFORMANCE COMPARISON OF ORDER POLICY CLASSES FOR MULTI-LOCATION INVENTORY SYSTEMS WITH LATERAL TRANSSHIPMENTS .....	77
<i>R. Lasch, S. Saeuberlich.</i> COST-EFFICIENT STORAGE STRATEGIES FOR A FOODSERVICE TRADING COMPANY .....	86
<i>G. Pishchulov, I. Dobos, B. Gobsch, N. Pakhomova, K. Richter.</i> A VENDOR-PURCHASER ECONOMIC LOT SIZE PROBLEM WITH REMANUFACTURING AND DEPOSIT .....	95
<i>F. Kellner, A. Otto, A. Busch.</i> DISTRIBUTION NETWORKS - RIGID INVESTMENTS IN DYNAMIC ENVIRONMENTS .....	103
<i>S. Voss, F. Schwartz.</i> GESTALTUNG VON DISTRIBUTIONSNETZWERKEN BEI DER UMSETZUNG VON POSTPONEMENT-STRATEGIEN .....	112
<i>D. Ivanov, M. Ivanova.</i> PRACTICAL ISSUES IN MULTI-STAGE INVENTORY AND DISTRIBUTION SYSTEMS OPTIMIZATION: LESSONS LEARNED IN PROJECT WITH RUSSIAN ENTERPRISES .....	120

<i>A. Pavlov, D. Ivanov, B. Sokolov.</i> CONCEPTUAL AND SET-THEORETIC PROBLEM STATEMENT OF THE SUPPLY CHAIN CONTROLLED RECONFIGURATION.....	132
<i>I. Terenina.</i> OPTIMIZATION OF AN INVENTORY MANAGEMENT STRATEGY UNDER UNCERTAINTY .....	140
<i>T.R. Sabatkoev, R.R. Sultanov.</i> PROCUREMENT SYSTEM FOR DISTRIBUTION COMPANY ON GLOBAL LEVEL.....	147
<i>E Avdeichikova.</i> DISTRIBUTION CHANNEL DESIGN IN PRACTICE OF RUSSIAN ENTERPRISES .....	154

## TRANSPORTLOGISTIK UND LOGISTIKNETZE

<i>A. Smirnov, A. Kashevnik, N. Teslya, N. Shilov.</i> SMART ENVIRONMENT FOR VIRTUAL LOGISTIC HUB SUPPORT.....	162
<i>D. Ivanov, B. Sokolov, A. Pavlov.</i> MULTI-PERIOD OPTIMAL INVENTORY-ROUTING PLANNING IN MULTI-STAGE DISTRIBUTION NETWORKS .....	171
<i>A. Tschegryaev, V. Zakharov.</i> FREIGHT CARRIERS COOPERATION IN VEHILCE ROUTING PROBLEMS .....	179
<i>I. Dobos, B. Gobsch, N. Pakhomova, G. Pishchulov, K. Richter.</i> CHANNEL COORDINATION IN A HMMS-TYPE SUPPLY CHAIN WITH REVENUE SHARING CONTRACT .....	182
<i>T. Reggelin, S. Trojahn, J. Tolujew, M. Koch.</i> MESOSCOPIC MODELING AND SIMULATION OF BIOMASS LOGISTICS NETWORKS FROM HARVESTING TO POWER GENERATION .....	190
<i>J. Käschel, S. Häckel, S. Lemke.</i> EIN PLUGIN-BASIERTES SOFTWARE-FRAMEWORK FÜR KOMBINATORISCHE OPTIMIERUNGSPROBLEME.....	198
<i>A. Zyatchin.</i> VEHICLE ROUTING IN PETROL STATION REPLENISHMENT PROBLEM.....	210
<i>B. Sokolov, S. Potryasaev, V. Zelentsov, D. Ivanov, Yu. Merkurjev.</i> METHODOLOGY AND TECHNIQUE OF STRUCTURE-FUNCTIONAL SYNTHESIS AND DEVELOPMENT MANAGEMENT FOR DISASTER-TOLERANT TRANSPORT-LOGISTIC AND INFORMATION SYSTEMS.....	216
<i>A. Krylatov, V. Zakharov.</i> NASH EQUILIBRIUM IN A GAME OF NAVIGATION PROVIDERS .....	224
<i>B. Scholz-Reiter, H. Thamer.</i> INTRODUCTION OF A COMPUTER VISION SYSTEM FOR RECOGNIZING UNIVERSAL LOGISTICS GOODS IN STANDARD CONTAINERS .....	231
<i>V. Kurganov, M. Gryaznov.</i> MODELING IN THE MANAGEMENT OF TRANSPORT AND LOGISTICAL SYSTEMS RELIABILITY.....	238
<i>H.W. Kopfer.</i> EMISSIONS MINIMIZATION VEHICLE ROUTING PROBLEM: APPROACH SUBJECTED TO THE WEIGHT OF VEHICLES .....	245

<i>S. Nesterov.</i> SPECIAL FEATURES OF MANAGING A MODERN ROAD TRANSPORTATION COMPANY.....	251
<i>N. Goryaev.</i> TRACTORS' AGE STRUCTURE OPTIMIZATION .....	260

### STRATEGISCHE, GLOBALE UND REGIONALE LOGISTIK

<i>L. Mirotin, V. Sarkiev.</i> CREATING AN INNOVATIVE BUSINESS MODEL CASH FLOWS USING A NEW APPROACH OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (AS EXAMPLE, TRANSPORTATION OF OIL FROM THE CASPIAN REGION) .....	268
<i>I. Dovbischuk, H.-D. Haasis.</i> SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT OF CROSS-BORDER AREAS .....	278
<i>J. Daduna.</i> PUBLIC PRIVATE PARTNERSHIP-LÖSUNGEN BEI DER FINANZIERUNG VON VERKEHRS- UND LOGISTIKINFRASTRUKTUR .....	285
<i>B. Anikin, I. Popova.</i> LOGISTICS AND WORLD ECONOMIC CRISES.....	293
<i>G. Prause.</i> AIR CARGO LOGISTICS IN THE BALTIC SEA REGION .....	297
<i>A. Krylatov, V. Zakharov.</i> TRAFFIC FLOW MANAGEMENT IN MEGALOPOLISES.....	305
<i>T. Prokofieva, A. Fedorenko.</i> LOGISTICS INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN THE RUSSIAN TRANSPORTATION COMPLEX .....	311
<i>N. Kireeva.</i> TEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF INNOVATIVE POTENTIAL ESTIMATION OF LOGISTIC SYSTEMS.....	320
<i>B.G. Khairov.</i> LOGISTICS ADMINISTRATION OF THE FORMATION OF THE MULTILATERAL PARTNERSHIP IN THE REGION .....	328
<i>S.M. Khairova.</i> LOGISTICAL SUPPORT OF DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL SERVICES IN THE INNOVATIVE ECONOMY OF THE REGION .....	335
<i>O.M. Kachan, T.N. Odintsova.</i> THE LOGISTICS CENTERS FORMATION ON THE BASIC OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS IN BELARUS REPUBLIC ..	343
<i>D.S. Shcherbakov.</i> INNOVATIVE LOGISTIC ENGINEERING FOR HIGH-TECH ENTERPRISE TRANSFORMATION.....	349

### PRODUKTIONS- UND LAGERLOGISTIK

<i>B. Muenzberg, M. Schmidt, P. Nyhuis.</i> LOGISTICS ORIENTED LOT SIZING .....	358
<i>M. Siepermann, R. Lackes.</i> E-LEARNING IN PRODUCTION PLANNING – AUTOMATICALLY GENERATED AND MARKED NET REQUIREMENTS CALCULATION EXERCISES.....	366
<i>E. Klenk, S. Galka, W.A. Guenthner.</i> DIMENSIONING OF TAKTED IN-PLANT MILK-RUN SYSTEMS FOR MATERIAL DELIVERY .....	374

<i>Bukhvalov O.L, Gorodetsky V.I., Karsaev O.V., Kudryavtsev G.I., Samoylov V.V., Vylegzhanin A.S.</i> STRATEGIC PLANNING AND CONFLICT MANAGEMENT IN MANUFACTURING SYSTEMS OF HIGH PRODUCTION DYNAMICS.....	381
---	-----

### SICHERHEIT UND RISIKOMANAGEMENT

<i>A.Nekrasov.</i> LOGISTICAL MECHANISM OF INTEGRATED TRANSPORT-LOGISTICS SYSTEM'S STABILITY .....	389
<i>R. Lackes, M. Siepermann, M. Khushnood.</i> CONSIDERUNG INTERNAL AND EXTERNAL RISKS IN INTERNATIONAL SUPPLY CHAINS .....	398
<i>S. Klein-Schmeink, T. Peisl.</i> RISIKO- UND INNOVATIONSMANAGEMENT FUER STRATEGISCHE NETZWERKE .....	409
<i>A. Madera.</i> THE GENERALISED STRUCTURE OF RISKS AND CHANCES OR MAKING DECISIONS IN BUSINESS PROCESSES AND SCM .....	419
<i>J. Schoenberger.</i> VERKNAPPUNG UND LIMITATION ÖFFENTLICHER GÜTER – HERAUSFORDERUNGEN, PERSPEKTIVEN UND FORSCHUNGSBEDARF FÜR EINE ENGPASS-ORIENTIERTE LOGISTIK .....	426
<i>E. Smirnova.</i> LOGISTICS RISK MANAGEMENT IN CUSTOMS SPHERE .....	434

### CONTROLLING UND KOSTENMANAGEMENT

<i>A. Butrin, J. Butrina.</i> CURRENT ASSET MANAGEMENT AT THE STAGE OF CIRCULATION WITHIN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE.....	443
<i>C. Siepermann.</i> PREISUNTERGRENZENBESTIMMUNG UNTER EINBINDUNG DER KOSTEN INDIREKTER LEISTUNGSBEREICHE – DARGESTELLT AN EINEM BEISPIEL AUS DER LOGISTIK .....	451
<i>E. Koroleva, A. Surnina.</i> THE METHOD OF "VALUE CHAIN" IN CONTROLLING COSTS IN TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS.....	459
<i>E. Tzaryova, V. Kozlov.</i> COSTS AS A KEY CATEGORY OF LOGISTICS PRODUCTION SYSTEMS CONTROLLING .....	465
<i>B. Schubert, H. Füssel, M. Liebl, D. Ivanov.</i> STANDORTWAHLENTSCHEIDUNGEN IN RUSSLAND MIT HILFE EINER LOCATION CONTROLLING CARD: SPEZIFISCHE MERKMALE UND PRAKTISCHE ERFAHRUNGEN.....	474

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Д.А. Иванов, Б.В. Соколов, Й. Кэшель.</i> РОССИЙСКО-ГЕРМАНСКОЕ НАУЧНОЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЕ СООБЩЕСТВО DR-LOG .....	15
---	----

### УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

<i>Д.А. Иванов, Б.В. Соколов.</i> ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЦЕПИ ПОСТАВОК НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА МАКСИМУМА .....	17
<i>С.А. Уваров, Е.И. Зайцев.</i> СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ИНТЕГРАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ .....	24
<i>В. Керстен, М. Лопес-Кастелланос.</i> РАЗРАБОТКА БЛОКОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕПИ ПОСТАВОК НА ОСНОВЕ АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	33
<i>Г. Ауст.</i> МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОСТАВЩИКА И ПРОИЗВОДИТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СПРОСА К ЦЕНЕ И КАЧЕСТВУ.....	40
<i>Н. Маслан, П. Летмате.</i> ПРАКТИКА TQM И SUPPLY CHAIN MANAGEMENT В РОССИИ И ГЕРМАНИИ.....	49
<i>Д.А. Журавлев, Г.Г. Левкин.</i> ГЛОБАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК.....	57
<i>В.И. Михайлов.</i> ПРЕДПОСЫЛКИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ УЧАСТНИКОВ АВТОМОБИЛЬНОГО РЫНКА.....	64
<i>Е.С. Суконкина.</i> УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ КЛИЕНТА ПОСТАВЩИКОМ: СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АЛЬЯНСЫ В СОВРЕМЕННЫХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК .....	69

### УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ И ДИСТРИБУЦИЯ

<i>П. Кехель.</i> СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЙ ЗАКАЗОВ В СИСТЕМАХ ЗАПАСОВ С НЕСКОЛЬКИМИ СКЛАДАМИ И ЛАТЕРАЛЬНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ.....	77
<i>Р. Лаш, С. Зойберлих.</i> НИЗКОЗАТРАТНЫЕ СТРАТЕГИИ ХРАНЕНИЯ ДЛЯ ТОРГОВЫХ КОМПАНИЙ ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ.....	86
<i>Г. Пищулов, И. Добош, Б. Гобс, Н. Пахомова, К. Рихтер.</i> ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗМЕР ПАРТИИ В ЦЕПИ ПОСТАВОК С ВЫКУПОМ И ПЕРЕРАБОТКОЙ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ПРОДУКТОВ.....	95
<i>Ф. Келлнер, А. Отто, А. Буш.</i> ДИСТРИБУЦИОННЫЕ СЕТИ – УЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ИНВЕСТИЦИЙ .....	103
<i>Ш. Фосс, Ф. Шварц.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ДИСТРИБУЦИОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОТЛОЖЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПРОДУКТОВ.....	112
<i>Д.А. Иванов, М.А. Иванова.</i> ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ В МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ И ДИСТРИБУЦИЕЙ.....	120
<i>А.Н. Павлов, Д.А. Иванов, Б.В. Соколов.</i> СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ И ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ УПРАВЛЯЕМОЙ РЕКОНФИГУРАЦИИ ЦЕПИ ПОСТАВОК .....	132

<b>И.В. Теренина.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ .....	140
<b>Т.Р. Сабатков, Р.Р. Султанов.</b> СИСТЕМА ПОСТАВОК ДЛЯ ДИСТРИБУЦИОННОЙ КОМПАНИИ НА ГЛОБАЛЬНОМ УРОВНЕ.....	147
<b>Е.В. Авдейчикова.</b> ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КАНАЛОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ПРАКТИКЕ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ.....	154

## ТРАНСПОРТ И ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СЕТИ

<b>А. Смирнов, А. Кашевник, Н. Тесля, Н. Шилов.</b> SMART ENVIRONMENT FOR VIRTUAL LOGISTIC HUB SUPPORT .....	162
<b>Д.А. Иванов, Б.В. Соколов, А.Н. Павлов.</b> МНОГОПЕРИОДНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В МНОГОУРОВНЕВОЙ ДИСТРИБУЦИОННОЙ СЕТИ .....	171
<b>А. Щегряев, В.В. Захаров.</b> КООПЕРАЦИЯ КОМПАНИЙ-ГРУЗОПЕРЕВОЗЧИКОВ В ЗАДАЧАХ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	179
<b>И. Добош, Б. Гобс, Н. Пахомова, Г. Пищулов, К. Рихтер.</b> КООРДИНАЦИЯ КАНАЛОВ В ННМС-ТИПЕ ЦЕПИ ПОСТАВОК С КОНТРАКТАМИ РАЗДЕЛЕНИЯ ДОХОДОВ .....	182
<b>Т. Реггелин, С. Троян, Ю.И. Толуев, М. Кох.</b> МЕЗОСКОПИЧЕСКОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ БИОМАСС ОТ СБОРА УРОЖАЯ ДО ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ .....	190
<b>Й. Кэшель, С. Хекель, С. Лемке.</b> PLUGIN-БАЗИРУЕМЫЙ ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ КОМБИНАТОРНЫХ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ.....	198
<b>А.В. Зятчин.</b> ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗАДАЧЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ .....	210
<b>Б.В. Соколов, С.А. Потрясаев, В.А. Зеленцов, Д.А. Иванов, Ю.А. Меркурьев.</b> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ И РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СИНТЕЗА И УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КАТАСТРОФУСТОЙЧИВЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	216
<b>А.Ю. Крылатов, В.В. Захаров.</b> РАВНОВЕСИЕ НЭША В ИГРЕ НАВИГАЦИОННЫХ ПРОВАЙДЕРОВ .....	224
<b>Б. Шольц-Райтер, Х. Тамер.</b> СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТОВАРОВ В СТАНДАРТНЫХ КОНТЕЙНЕРАХ .....	231
<b>В.М. Курганов, М.В. Грязнов.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ НАДЕЖНОСТЬЮ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	238
<b>Х.В. Конфер.</b> МИНИМИЗАЦИЯ ЭМИССИЙ В ЗАДАЧАХ МАРШРУТИЗАЦИИ С УЧЕТОМ ВЕСА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	245
<b>С. Ю. Нестеров.</b> ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМ АВТОТРАНСПОРТНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ .....	251

<b>Н.К. Горяев.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПАРКА СЕДЕЛЬНЫХ ТЯГАЧЕЙ.....	260
---	-----

### **СТРАТЕГИЧЕСКАЯ, ГЛОБАЛЬНАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА**

<b>Л.Б. Миротин, В. Саркиев.</b> СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ДЕНЕЖНОГО ПОТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО ПОДХОДА В УПРАВЛЕНИИ ПОСТАВОК (НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ ИЗ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА).....	268
<b>И. Довбишук, Х.-Д. Хаасис.</b> УСТОЙЧИВОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ НА ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ.....	278
<b>Й. Дадун.</b> ПАРТНЕРСТВО ГОСУДАРСТВЕННОГО И ЧАСТНОГО СЕКТОРА ПРИ ФИНАНСИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНОЙ И ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	285
<b>Б.А. Аникин, И.С. Попова.</b> ЛОГИСТИКА И МИРОВЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КРИЗИСЫ.....	293
<b>Г. Праузе.</b> ГРУЗОВАЯ ВОЗДУШНАЯ ЛОГИСТИКА В РЕГИОНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ.....	297
<b>А.Ю. Крылатов, В.В. Захаров.</b> УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ МЕГАПОЛИСОВ.....	305
<b>Т.А. Прокофьева, А.И. Федоренко.</b> РАЗВИТИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ.....	311
<b>Н.С. Киреева.</b> ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	320
<b>Б.Г. Хаиров.</b> ЛОГИСТИЧЕСКОЕ АДМИНИСТРИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТАНОВЛЕНИЯ МНОГОСТОРОННЕГО ПАРТНЕРСТВА В РЕГИОНЕ.....	328
<b>С.М. Хаирова.</b> ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПОДДРЕЖКА РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ В ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ РЕГИОНА.....	335
<b>О.М. Качан, Т.Н. Одинцова.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ НА ОСНОВЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	343
<b>Д.С. Щербаков.</b> ИННОВАЦИОННЫЙ ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ ДЛЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	349

### **ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И СКЛАДСКАЯ ЛОГИСТИКА**

<b>Б. Мюнциберг, М. Шмидт, П. Нюхис.</b> ЛОГИСТИЧЕСКИ-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗМЕРА ПАРТИЙ.....	358
<b>М. Зиперманн, Р. Лакес.</b> E-LEARNING В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПЛАНИРОВАНИИ – АВТОМАТИЧЕСКОЕ СОЗДАНИЕ И ПРОВЕРКА ЗАДАНИЙ ПО СЕТЕВОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ.....	366

<i>Е. Кленк, Ш. Галка, В. Гюнтер.</i> DIMENSIONING OF TAKTED IN-PLANT MILK-RUN SYSTEMS FOR MATERIAL DELIVERY .....	374
<i>О.Л. Бухвалов, А.С. Вылегжанин, В.И. Городецкий, О.В. Карсаев, Г.И. Кудрявцев, В.В. Самойлов.</i> СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ КОНФЛИКТАМИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ С ВЫСОКОЙ ДИНАМИКОЙ ЗАКАЗОВ .....	381

### **УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И РИСКАМИ**

<i>А.Г. Некрасов.</i> ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ .....	389
<i>Р. Лакес, М. Зиперманн, М. Хушнуд.</i> ВНУТРЕННИЕ И ВНЕШНИЕ РИСКИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК.....	398
<i>Ш. Кляйн-Шмайнк, Т. Пайсл.</i> УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ И ИННОВАЦИЯМИ В СТРАТЕГИЧЕСКИХ СЕТЯХ .....	409
<i>А.Г. Мадера.</i> ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА РИСКОВ И ШАНСОВ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ И ЦЕПЯХ ПОСТАВОК.....	419
<i>Й. Шенбергер.</i> ДЕФИЦИТЫ ОБЩЕСТВЕННЫХ ТОВАРОВ – ВЫЗОВЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА УЗКИЕ МЕСТА ЛОГИСТИКИ.....	426
<i>Е.А. Смирнова.</i> УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИМ РИСКАМИ В ТАМОЖЕННОЙ СФЕРЕ .....	434

### **ФИНАНСОВАЯ ЛОГИСТИКА И ЛОГИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛИНГ**

<i>А.Г. Бутрин, Ю.В. Бутрина.</i> УПРАВЛЕНИЕ ОБОРОТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	443
<i>К. Зиперманн.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ЦЕНЫ С УЧЕТОМ КОСВЕННЫХ ЗАТРАТ НА ПРИМЕРЕ ЛОГИСТИКИ .....	451
<i>Е.А. Королева, А.С. Сурнина.</i> МЕТОД "ЦЕПОЧКИ СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТЕЙ" ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ МТО .....	459
<i>Е.С. Царёва, В.К. Козлов.</i> ЗАТРАТЫ КАК КЛЮЧЕВАЯ КАТЕГОРИЯ КОНТРОЛЛИНГА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ.....	465
<i>Б. Шуберт, Х. Фюссель, М. Либль, Д.А. Иванов.</i> ПЛАНИРОВАНИЕ МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРТЫ КОНТРОЛЛИНГА: ОСОБЕННОСТИ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ .....	474

## **DEUTSCH-RUSSISCHE WISSENSCHAFTSGEMEINSCHAFT LOGISTIK DR-LOG**

Wie die 1.-6. Deutsch-Russische Logistik-Workshops DR-LOG in 2006 (St. Petersburg), 2007 (Chemnitz), 2008 (Moskau), 2009 (Cottbus), 2010 (St. Petersburg) und 2011 (Bremen) zeigten, ist der wissenschaftliche Kenntnisstand auf dem Gebiet der Logistik in deutscher und russischer Forschungslandschaft durch ein hohes Niveau und zahlreiche Überschneidungspunkte gekennzeichnet. Heutzutage ist DR-LOG eine der bedeutendsten deutsch-russischen Veranstaltungen und die Nummer 1 auf dem Gebiet der Logistik. Besonders hervorzuheben ist hier die Bildung der deutsch-russischen Wissenschaftsgemeinschaft Logistik DR-LOG.

Im DR-LOG Rahmen hat sich die wissenschaftliche Zusammenarbeit in der Logistik und Supply Chain Management entwickelt. Die gastwissenschaftlichen Aufenthalte von Hochschullehrern, Doktoranden, und Studenten aufgrund der Förderung seitens des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) und die bilateralen Vereinbarungen zwischen den Hochschulen wurden verstärkt. Darüber hinaus fand eine Reihe von themenspezifischen, praxisorientierten Seminaren statt. Gemeinsame Arbeiten von bilateralen Forschungsgruppen wurden in führenden internationalen Zeitschriften veröffentlicht. Insgesamt lassen sich eine weitgehende Entwicklung der deutsch-russischen wissenschaftlichen Zusammenarbeit in der Logistik und im Supply Chain Management, eine Zunahme der Teilnehmer dieser Zusammenarbeit, der Wechselbeziehungen zwischen den Teilnehmern und der Dynamik dieser Wechselbeziehungen feststellen. An den bisherigen DR-LOG Workshops nahmen mehr als 200 Wissenschaftler von mehr als 150 Universitäten, Fachhochschulen, Instituten der Fraunhofer Gesellschaft und Russischer Akademie für Wissenschaft teil.

Am VII. DR-LOG in St. Petersburg nehmen viele führende Wissenschaftler und Industrievertreter beider Länder teil. Das Arbeitsprogramm beinhaltet 58 Vorträge. Diese Vorträge sind in die folgenden 7 Sektionen untergliedert:

- Supply Chain Management
- Bestandsmanagement und Distribution
- Transport und Logistiknetze
- Controlling und Kostenmanagement
- Produktions- und Lagerlogistik
- Sicherheit und Risikomanagement
- Strategische, globale und regionale Logistik

Bemerkenswert ist die ausgesprochene Interdisziplinarität der Sektionen. Praktisch jede Sektion beinhaltet betriebswirtschaftliche Vorträge, mathematisch-orientierte Vorträge sowie Engineering- und IT-orientierte Vorträge.

Neben dem spannenden Vortragsprogramm liegt ein besonderer Focus auf den gemeinsamen Projekten in den Bereichen der Aus- und Weiterbildung, der Forschungsaktivitäten sowie der Logistikpraxis.

U.a. werden die folgenden Themen zu den Schwerpunkten des DR-LOG'2012:

- ✓ Wissenschaftliche Probleme in der Logistik und SCM
- ✓ Informationstechnologien in der Logistik und SCM
- ✓ Bilaterale Aus- und Weiterbildung in der Logistik und SCM
- ✓ Bilaterale anwendungsnahen Projekte mit der Industrie
- ✓ Forschungsmobilität

Wir danken den Mitglieder des internationalen Programmites, Autoren und Referenten für ihren Beitrag zum Erfolg des DR-LOG. Wir danken auch der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Russischen Stiftung für Fundamentale Forschung (RFFI), der ONIT der Russischen Akademie für Wissenschaft sowie der Russischen Nationalen Simulationsvereinigung für die finanzielle und informationelle Unterstützung der Veranstaltung. Ein hohes Niveau des Workshops und das große Interesse seitens zahlreicher prominenter Fachleute nährt die Hoffnung, dass diese Serie von DR-LOG auch in der Zukunft erfolgreich fortgesetzt werden kann.

***D. Ivanov, B. Sokolov, J. Käschel***

## РОССИЙСКО-ГЕРМАНСКОЕ НАУЧНОЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЕ СООБЩЕСТВО DR-LOG

Логистика как междисциплинарная отрасль экономики, науки и образования является одним из ключевых направлений развития Российско-Германского сотрудничества. Вполне закономерно, что именно логистика тем направлением, по которому уже седьмой год подряд (2006 г. – Санкт-Петербург, 2007 – Хемниц, 2008 – Москва, 2009 – Котбус, 2010 – Санкт-Петербург, 2011 - Бремен) при участии ведущих научно-исследовательских и образовательных учреждений и профессиональных объединений обеих стран проходит конференция, объединяющая ведущих ученых и практиков логистики и управления цепями поставок из России и Германии. На сегодняшний день DR-LOG является одной из наиболее успешных конференций в российско-немецком сотрудничестве в области логистики.

Можно констатировать несколько важных аспектов развития российско-немецкого научного сотрудничества в DR-LOG. Продолжена систематическая работа по научным стажировкам ученых, аспирантов и студентов по линии Немецкой службы академических обменов (DAAD), а также двухсторонним соглашениям между ВУЗами. Проведен ряд практических семинаров по логистике и управлению цепями поставок в Санкт-Петербурге, Москве, Хемнице и Берлине. Совместные работы немецко-российских рабочих групп опубликованы в ряде ведущих мировых журналов. В предыдущих конференциях DR-LOG приняли участие более 200 ученых России и Германии из более чем 150 университетов и научно-исследовательских институтов общества Фраунгофера и Российской Академии Наук, а также представители практики логистики и SCM.

Седьмая конференция DR-LOG'12 организована в Санкт-Петербурге в сотрудничестве с Санкт-Петербургским институтом информатики и автоматизации РАН с финансовой и информационной поддержкой Немецкого Исследовательского Сообщества (DFG), Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ), отделения нанотехнологий и информационных технологий (ОНИТ) РАН, Национального общества имитационного моделирования и журнала «Логистика». В рабочей программе конференции представлены 58 докладов. Данные доклады объединены в 7 тематических секций:

- Управление цепями поставок
- Управление запасами и дистрибуция
- Транспорт и логистические сети
- Финансовая логистика и контроллинг
- Производственная и складская логистика
- Управление безопасностью и рисками
- Стратегическая, глобальная и региональная логистика

Примечательным является междисциплинарность программы секций. Практически в каждой секции представлены экономические доклады, доклады

по математической оптимизации и моделированию, а также доклады по современным информационным технологиям в логистике и SCM.

Наряду с насыщенной и интересной программой докладов особое внимание будет уделено обсуждению совместных проектов, в частности:

- Вопросы подготовки профессионалов в логистике,
- Проведение совместных научно-исследовательских проектов,
- Информационные технологии в логистике и SCM,
- Реализация совместных логистических проектов на практике,
- Академическая международная мобильность.

Организаторы конференции благодарят всех членов Международного программного комитета и всех авторов и докладчиков за их значительный вклад в успех общего дела по развитию DR-LOG. DR-LOG как ежегодная Германо-Российская конференция по логистике и SCM является специально организованным форумом, предназначенным для создания единой площадки общения немецких и российских специалистов. Высокий уровень конференции и большой интерес к нему позволяют надеяться, что данный ряд конференций будет успешно продолжен и в будущем.

*Д.А. Иванов, Б.В. Соколов, Й. Кэшель*

# MAXIMUM PRINCIPLE-BASED SUPPLY CHAIN SCHEDULING

**D. Ivanov\*, B. Sokolov\*\***

*\*Berlin School of Economics and Law*

*E-Mail: dmitri.ivanov@mail.ru*

*\*\*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS (SPIIRAS)*  
*sokol@iiias.spb.su*

Maximum principle has been extensively applied to production and logistics planning and scheduling over the past fifty years. It is an original method for computing optimal control when optimizing system behavior over many periods of time subject to several decision variables where other techniques can become analytically and computationally difficult to apply. In this paper, we overview recent developments in this area, analyse practical needs, challenges and possible ways to apply maximum principle in the field of supply network optimization. Some drawbacks and missing links in the literature are pointed out. We conclude that although supply chains resemble control systems, they have some peculiarities which do not allow a direct application of maximum principle. At the same time, we describe a possible approach that enables the application of maximum principle to supply network optimization.

## INTRODUCTION

High dimensions, dynamics, uncertainty, flexibility and complexity of real supply chain (SC) optimization problems challenge the optimization techniques and frequently lead to application of heuristics or combination of meta-heuristic with mathematical programming (MP) [13].

Along with mathematical programming and meta-heuristics, control theory (CT) is an interesting research avenue in investigating dynamic behavior of the SC [3], [8-10], [15], [17]. CT is favorable in the cases of many dynamically changing control parameters, obtaining analytical solutions or properties, and in investigating different mutual impacts of SC planning and scheduling parameters (e.g., demands, resource and channel capacities, lead-time, lot-sizes, and inventories) on the SC tactical and operative performance (i.e., service level and costs). In some cases (e.g., if many changes, many stages, and many periods), it is convenient to transit from a discrete problem statement to continuous solution procedure, and then represent the result again in discrete terms due to particular accuracy of continuous time models.

The purpose of this paper is to describe the important issues and perspectives of application of the maximum principle to SC optimization, comment on practical and methodical issues, and describe one specific context of maximum principle application to SC scheduling. In this paper, we overview recent developments in the application of optimal CT and maximum principle to supply network optimization, perform a critical analysis, and discuss future research avenues.

## OPTIMAL PROGRAM CONTROL AND MAXIMUM PRINCIPLE

Optimal program control (OPC) is a method for solving dynamic optimization problems, when those problems are expressed in continuous time and the value of a goal criterion (or a number of criteria) are accumulated over time. OPC is a de-deterministic control method as opposite to the stochastic optimal control. One of the basic milestones in modern OPC, along with dynamic programming, is the maximum principle that was developed in 1950s by Russian mathematicians among whom the central character was Lev Semenovich Pontryagin.

Maximum principle is an original method for computing optimal control (OC) when optimizing system behavior over many periods of time under constrained control subject to several decision variables where other techniques can become analytically and computationally difficult to apply. The initial formulation of maximum principle was concerned with the problem of transfer a space vehicle from one orbit to another with minimum time and minimum fuel consumption.

According to the maximum principle, the optimal solution of the instantaneous problems can be shown to give the optimal solution to the overall problem [16]. Maximum principle basically generalizes the calculus of variations and builds the basis of the modern OC theory. The development of the maximum principle has stimulated the application of OC to many industrial and engineering applications. Maximum principle has been extensively applied to production and logistics both for continuous and discrete systems right from the beginning. In particular, the domain of multi-level, multi-period master production scheduling problems with lot-size and capacity optimization subject to cost minimization has been extensively addressed.

Beginning with the study by Holt et al. [6], the work by Fan and Hwang [4], [7] were among first studies on application of discrete maximum principle to multi-level and multi-period master production scheduling that determined production as optimal control action and corresponding trajectory of state variables (the inventory) by means of the maximum principle. First overviews of the existing application of maximum principle to management domain have been developed by Sethi and Thompson [18]. The stream of production scheduling has been continued by Kinemia and Gershwin [12], who applied hierarchical method in designing the solution procedure to the overall model, and Khmelnitsky et al. [11] who applied the maximum principle in discrete form to planning continuous-time flows in flexible manufacturing systems.

Although the maximum principle application has been widely understood at the tactical planning level, the research on OPC for detailed dynamic production and transportation scheduling in the integrated SC context is fairly recent, although there is a wealth of works in these direction from the enterprise perspective and treatment those problems in isolation (production scheduling and routing). This rapidly emerging field of integrated, customer-oriented SC scheduling ([2] can become a new application area for OPC and maximum principle.

## **PRACTICAL NEEDS FOR APPLICATION OF OPTIMAL CONTROL AND MAXIMUM PRINCIPLE TO SUPPLY NETWORK OPTIMIZATION**

Recall that according to the *maximum principle*, the optimal solution of the instantaneous problems can be shown to give the optimal solution to the overall problem. If so, it is a very convenient approach to naturally decompose a problem dynamics horizontally into some subproblems to which optimal solutions can be found, e.g., with the help of mathematical programming, and then link these solutions with the help of OPC.

This property is of a great practical importance for SC optimization. Indeed, it is frequently difficult or impossible to accumulate all the necessary information on SC dynamics at the initial planning  $t_0$  point of time. In this setting, adaptive planning and scheduling concepts are frequently applied [1], [5], when a plan is modified periodically by change in the SC parameters or the characteristics of control influences on the basis of information feedback about a current system state, the past and the updated forecasts of the future.

Another challenge is flexible resource, capacity, and flow allocation to dynamically changing environmental and internal conditions (e.g., demand, SC structure, collaboration and coordination rules). Integrated logistics planning by 4PL (fourth party logistics) service providers face along with a detailed treatment of dynamic parameters such as varying capacities in problems with multiple plants and distribution centres at different locations [2]. An increasing number of companies now adopt make-to-order and assemble-to-order concepts. In many industries (e.g., perishable or seasonal products or process industry), finished orders are frequently delivered to customers immediately or shortly after production without intermediate inventory. In general, specific SC collaboration and coordination evidence to extend the models of SC optimization to the dynamics domain.

Last but not least – a crucial topic is the impact of uncertainty and disruptions. Big centralized models for planning the whole time horizon are very sensitive to changes in data availability. The existence of a great diversity of different dynamic characteristics in those problems SCs can significantly impact SC performance. SCM is based on information sharing and coordination, and many SC optimization model assume full information availability. However, due to dynamic changes and coordination problems in the SC it is frequently impossible. If such a disturbance takes place two issues occur: Is the SC able to continue its operation? Can mathematical models work with incomplete or delayed information? In the light of the above-mentioned practical challenges, the application of OPC and maximum principle to SC optimization can be very favorable.

## POSSIBLE WAYS FOR APPLICATION OF OPTIMAL PROGRAM CONTROL AND MAXIMUM PRINCIPLE TO SUPPLY CHAIN SCHEDULING

In the studies by Ivanov et al. [8-10], an original SC representation as a dynamic system with changing structural characteristics has been developed. This idea is based on the observation that during the planning horizon, different structural elements (decision-makers, processes, products, control variables, constraints, goals, perturbations, etc.) are involved in decision-making on SC planning, and not all of them *at the same time*. In moving on through the planning period, these elements appear and disappear from the decision-making. If so, there is no need to consider all the structural elements at the same time in a large planning problem in steady-state environments. Moreover, the solution procedure becomes undependable from the continuous optimization and can be of discrete nature, e.g., a linear programming, transportation problem, or integer allocation problem [8-10].

This idea is to some extent similar to those in combining MP and meta-heuristics, e.g., in the corridor method Sniedovich and Voss [20] that uses an exact method over restricted portions of the solution space subject to a given problem of a very large feasible space. By taking optimal decisions within these certain intervals, we can address the problems of significantly smaller dimensionality. This means, that the set of feasible solutions is presented dynamically, but the solution at each point of time are calculated at the local section and for deterministic problems very small dimensionality. This is very important as the computational time decrease considerably even if a large number of nodes or arcs area considered and additional constraints are introduced. Besides, the *a priori* knowledge of the SC structure, and moreover, structure dynamics, is no more necessary.

Recall that maximum principle is a method for solving dynamic optimization problems, the value of a goal criterion (or a number of criteria) are accumulated over time. However, the application of the OC maximum principle to SC optimization is not a trivial problem. Discrete time and discrete quantities of SC operations in both production and logistics SC parts can make the SC planning and scheduling problems intractable. Despite OC models make it possible to reflect dynamics, the consideration of sequencing and resource allocation in these models is significantly complicated by specific mathematical features.

For example, the derived function from the arising sectionally continuous functions [14] is infinity. In addition, such problems as numerical instability, non-existence of gradients, and non-convexity of state space should be named. In addition, the problem of continuous time and state variables in canonical OPC statements and discrete times and quantities in SCs exist. SC scheduling could not be performed in applying conventional form of OPC formulation. However, the maximum principle permits the decoupling of the dynamic problem over time using what are known as adjoint variables or shadow prices into a series of

problems each of which holds at a single instant of time [16]. This property of optimal control is very helpful when interconnecting MP and OPC elements.

Let us present a possible scheme for applying maximum principle to an SC scheduling problem that is similar to job shop scheduling [9]. The scheduling model is formulated as a linear non-stationary finite-dimensional controlled differential system with the convex area of admissible control. The non-linearity is transferred to the model constraints. This allows us to ensure convexity and to use interval constraints. Besides this, the required consistency between OPC and MP models is ensured – although the solver works in the space of piecewise continuous functions, the control actions can be presented in the discrete form as in MP model.

The developed model formulation satisfies the conditions of the existence theorem by *Lee and Markus* which allows us to assert the existence of the optimal solution in the appropriate class of admissible controls and to calculate the OC with the help of maximum principle. This is the essential structural property of the proposed approach in order to apply discrete optimization for OPC calculation. In maximizing Hamiltonian in OC computing, this makes it possible to solve the assignment problem and the flow distribution problem both in discrete and continuous manner. In this aspect, the proposed approach differs from the scheduling with the help of maximum principle with only continuous control variables or discrete maximum principle. The model can work with both continuous and discrete processes. The discretization is possible since the optimization problem is in fact a LP/IP problem. This is mainly due to the fact that the governing dynamics in the supply network are linear in the state (but not in the control) variables.

On the basis of the maximum principle, the original problem of OPC is transformed to the boundary problem. Then a relaxed problem is solved to receive optimal program control (i.e., the SC schedule). For OC computation, the main and conjunctive systems are integrated. The control vector at time  $t = t_0$  returns a maximal value to the Hamiltonian. Then we make the first integration step with the value of control vector at time  $t_0$  and again implement the maximum principle to receive the next value for time  $t=t_1$ . The process of integration is continued until the end conditions are satisfied and convergence accuracy is adequate. For obtaining the vector of conjunctive equation system, the Krylov-Chernousko method is used that is based on joint use of modified successive approximations method and branch-and-bound method. The experiments have been conducted with the help of self-programmed C++ algorithm that creates files to address MatLab MP library while maximizing Hamiltonian.

## CONCLUSIONS

Maximum principle is an original method for computing optimal control. Although in certain case its application can lead to computational problems, it is possible to formulate the OPC model in such a way to allow efficient OPC com-

putation. The main idea of the proposed model is to implement and update (e.g., due to dynamic changes in capacity availability) non-linear constraints in convex domain of allowable control inputs rather than in the right parts of differential equations. The proposed substitution lets use fundamental scientific results of the OC theory in various SCM problems (including scheduling). The computational experiments have proved convergence and tractability of the proposed algorithm and model. They have also shown, that the convergence depends mainly on the selection of the conjunctive system vector (here, we have used priority rules, however, in future, it can be interested to investigate the application of meta-heuristics). Besides, the proposed method is especially useful in the case of many conflicting resources and capacity deficits. Other advantages of the proposed approach are consideration of specific SC coordination and collaboration features and goals (e.g., maximizing equal resource charge and service level for each order, flexible capacity and job allocation, etc.) and implementing adaptive planning concept subject to interlinking planning and scheduling stages. Finally, the developed model and algorithm have properties that are unique within maximum principle and optimal control theory, e.g., taking into account logical constraints, non-interruption of jobs, and discrete time jobs along with continuous maximum principle application which allow application to both discrete and continuous SC processes.

## REFERENCES

1. Chauhan, S.S., Gordon, V., Proth, J.M.: Scheduling in supply chain environment. *Eur J Oper Res* 183(3), 961-970 (2007)
2. Chen Z.-L. Integrated Production and Outbound Distribution Scheduling: Review and Extensions. *Oper Res*, Vol. 58, No. 1, January–February 2010, pp. 130–148
3. Daganzo, C.F. (2004). On the stability of supply chains. *Oper Res*, 52(6), pp. 909-921.
4. Fan LT, Wang CS (1964). *The discrete maximum principle – a study of multistage systems optimization*. NY: Wiley.
5. Hall NG, Liu Z. (2011). Capacity allocation and Scheduling in Supply Chains. *Oper Res*, to appear, DOI 10.1287/opre.1090.0806.
6. Holt CC, Modigliani F., Muth JF, Simon HA (1960). *Planning production, inventories and work force*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
7. Hwang, C.L., Fan, L.T., Erikson LE. (1967). Optimum production planning by the maximum principle. *Man Sci*, 13(9), 751-55.
8. Ivanov, D., Sokolov, B. 2010. *Adaptive Supply Chain Management*. London: Springer
9. Ivanov, D., Sokolov, B. 2012. Dynamic supply chain scheduling. *J Sched*, 15(2), 201-216.
10. Ivanov, D., Sokolov, B., Kaeschel, J. 2010. A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations with structure dynamics considerations. *Eur J Oper Res*, 200(2); 409-420
11. Khmel'nitsky E, Kogan K, Maimom O. (1997). Maximum principle-based methods for production scheduling with partially sequence-dependent setups. *Int J Prod Res*, 35(10):2701-2712.
12. Kinemia J.G., Gershwin S.B. (1983) An algorithm for the computer control of a flexible manufacturing system. *IIE Transactions*, 15, 353-362.

13. Maniezzo V., Stützle T., Voss S. (Eds.) (2009). *Matheheuristics: Hybridizing Metaheuristics and Mathematical Programming*. Springer, Berlin.
14. Moiseev, N.N. (1974). *Element of the Optimal Systems Theory*. Nauka, Moscow.
15. Perea E, Grossmann I, Ydstie E, Tahmassebi T. (2000). Dynamic modeling and classical control theory for supply chain management. *Computers and Chemical Engineering*, 24:1143-1149.
16. Pontryagin, L.S., Boltyanskiy, V.G., Gamkrelidze, R.V., and Mishchenko, E.F. (1964). *The mathematical theory of optimal processes*. Pergamon Press, Oxford.
17. Sarimveis H, Patrinos P, Tarantilis CD, Kiranoudis CT. (2008). Dynamic modeling and control of supply chain systems: A review. *Computers & Operations Research*, 35(11):3530-3561.
18. Sethi, S.P., Thompson, G.L. (1981). *Optimal Control Theory: Applications to Management Science and Economics*. Springer, Berlin.
19. Sethi, S.P., Thompson, G.L. (2006). *Optimal Control Theory: Applications to Management Science and Economics*, Second Edition. Springer, Berlin.
20. Sniedovich M., Voss S. (2006). The corridor method: a dynamic programming inspired metaheuristic, *Control and Cybernetics*, 35, 551-578.
21. Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B. (2012). On applicability of optimal control theory to adaptive supply chain planning and scheduling. *Annual Reviews in Control*, forthcoming in Spring Issue 2012.

# СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ИНТЕГРАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

С.А. Уваров<sup>1</sup>, Е.И. Зайцев<sup>2</sup>

*1 - Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет, Санкт-Петербург, Россия*

*s\_uvarov@mail.ru, eiz@engec.ru*

В работе рассматриваются проблемы стратегического планирования в логистических системах в контексте управления цепями поставок. Продемонстрирован процесс логистической координации, как для устранения конфликтных ситуаций, так и предотвращения их возникновения. Изучены возможные типы и содержание внутрикорпоративных и межкорпоративных конфликтов, приведены виды координационной деятельности, направленные на их преодоление. Выделяются типы координационной деятельности корпораций и предлагаются адекватные им типы планирования в цепях поставок.

## STRATEGIC AND INTEGRATED PLANNING OF THE LOGISTIC SYSTEMS

**Sergey A. Uvarov**

*Saint Petersburg State University of Economics and Finance*

*E-Mail: s\_uvarov@mail.ru*

**Eugenie I. Zaitsev**

*Saint Petersburg State University for Engineering and Economics*

*E-Mail: eiz@engec.ru*

The paper deals with problems of strategic planning in logistics systems in the context of supply chain management. Coordination of the logistic process demonstrated how to resolve conflicts and prevent their occurrence. Examine possible types and content of corporate and intercorporate conflicts are types of coordination activities to overcome them. There are types of coordination activities of corporations and suggests appropriate types of planning in supply chains.

Перспективы развития логистики ставят перед специалистами ряд новых задач, что, с одной стороны, усложняет процесс данного функционального менеджмента, а с другой, при успешном решении этих задач предоставляет возможность получения ряда конкурентных преимуществ. Тот факт, что большинство фирм ведут конкурентную борьбу на развитых

промышленных и потребительских рынках, стремятся достичь устойчивой лояльности своих потребителей, а также детерминировать влияние логистических издержек на корпоративную рентабельность, привел к тому, что все большее число управленцев высшего звена стали адекватно позиционировать логистику как функциональный менеджмент в достижении конечного результата деятельности корпорации. Данный факт актуализировал также процесс глобализации процессов поставок, производства и распределения. Никогда ранее как проблемы, так и возможности, с которыми сталкиваются сегодня логисты, не были столь масштабны и значительны.

Под стратегическим планированием понимают процесс определения долгосрочных целей предприятия и общие мероприятия, необходимые для достижения этих целей в долгосрочной перспективе с учетом ожиданий основных заинтересованных субъектов (юридических и физических лиц).

Авторы отмечают трактовку стратегического планирования в интерпретации У. Кинга и Д. Клиланда, которые подчеркивают принципиальную разницу между долгосрочным и стратегическим планированием "так как последний термин не вводит в заблуждение относительно горизонта планирования и указывает на важность этой работы... Стратегическое планирование предполагает установление целей и увязку этих целей с ресурсами, которые будут использованы для их достижения. А так как эти цели и характер использования ресурсов влияют на перспективы организации, стратегическое планирование по своей сути ориентировано на будущее. Задача стратегического планирования заключается в том, чтобы определить цели организации, направления ее деятельности и пути создания будущих поколений товаров и услуг, а также выработать политику, которая обеспечит достижение стоящих перед организацией целей"[5].

Исходя из того, что логистическая координация - это согласование деятельности звеньев логистической системы, участвующих в продвижении материального и сопутствующих потоков – отметим наиболее важные (и наиболее перспективные) области этой координации. Так, координация в сфере планирования предусматривает согласование планов между отдельными видами функционального менеджмента, результатом чего должен выступать совместный плановый документ. Координация организационного аспекта предусматривает распределение функций, полномочий, ответственности, а также оптимизацию ресурсного обеспечения между функциональными службами. Результатом координации в сфере мотивации выступает разработка системы стимулирования сотрудничества между функциональными подразделениями для достижения общих корпоративных целей. Координация контрольных функций имеет своим результатом систему контрольных показателей (сбалансированную систему показателей), согласованных с общими целями корпорации.

Логистическая координация реализуется в следующих направлениях:

- предотвращение конфликтных ситуаций (оптимальное распределение функций, полномочий, ответственности и ресурсов; информационный обмен между функциональными подразделениями; согласованное планирование);

- устранение возникших конфликтных ситуаций (реализация стратегии компромисса; реализация стратегии сотрудничества).

Конфликт как управленческая ситуация может быть квалифицирован как несогласие между двумя или более сторонами (лицами или группами), когда каждая сторона старается сделать так, чтобы были приняты именно ее взгляды или цели и помешать другой стороне сделать то же самое. Причины возникновения конфликтов может носить объективный и субъективный характер.

К объективным мы относим те причины, которые являются следствием сложившейся управленческой ситуации:

- распределение ресурсов, которые всегда по определению ограничены. Необходимость деления ресурсов как управленческая ситуация всегда ведет к конфликтам;

- различие в целях, порождающее противоречие в интересах. Формулировка функциональными подразделениями своих целей может привести к уделению им большего внимания, чем целям компании в целом;

- взаимозависимость задач. С точки зрения компании как системы все функциональные подразделения являются ее элементами, и неадекватность работы каждого из них становится причиной системного конфликта, ведущего к борьбе за функциональные полномочия;

- невыполнение или ненадлежащее выполнение службами своих функций. В отношении единого информационного потока это трансформируется в недостатки межгрупповых коммуникаций.

Субъективные причины конфликтов в решающей степени предопределены человеческим фактором:

- различия в представлениях и ценностях;
- межличностные отношения.

Типичными участниками межфункциональных конфликтных ситуаций при обеспечении движения материальных потоков в логистических сетях предприятий являются: служба закупок; производственный отдел; служба маркетинга; служба продаж; транспортный отдел; отдел складского хозяйства (транспортный отдел и отдел складского хозяйства при наличии в компании службы логистики входят в ее состав); финансовый отдел.

С точки зрения управленческой значимости выделим следующие зоны возможного возникновения конфликтов:

- стратегический уровень. Здесь объектом конфликтной ситуации чаще всего может выступать неконкурентоспособная политика обслуживания клиентов;

- тактический уровень. Наиболее часто встречающимся здесь объектом конфликтной ситуации является рассогласованность плана закупок и планов использования транспорта и складов;

- оперативный уровень. Предметы конфликтной ситуации – неудовлетворительное информирование склада об ожидаемых приходах товара от поставщиков, а также срыв сроков доставки товара клиентам.

Обычно выделяют два вида логистической координации: межфункциональную и межорганизационную.

В специальной литературе неоднократно указывалось не только на допустимость, но и целесообразность употребления термина «логистическая координация» как самодостаточной научно-практической категории. Мы стремились в данной работе выявить ее специфические признаки, позволяющие квалифицировать как функцию логистического менеджмента.

По мнению Р. Акоффа [1] конфликт может находиться внутри индивида (организации) или в отношениях между индивидами (организациями). Конфликт имеет место, когда два или более интереса взаимодействуют таким образом, что рост удовлетворения одного из них означает уменьшение удовлетворения другого или других. На первый взгляд, налицо нарушение принципа Парето-оптимальности. Но даже если это так, механизм достижения соответствия этому принципу требует отдельного исследования. Более того, данная проблема становится предметом внимания не логистического, а общего менеджмента корпорации. Исходя из принципа классификации типов конфликтов по Р. Акоффу, можно предложить следующую систему противоречий и конфликтных ситуаций (табл. 1).

*Таблица 1*

**Типы и содержание внутрикорпоративных и межкорпоративных конфликтов**

<b>Тип конфликта</b>	<b>Содержание</b>
Конфликты личности	Внутренние противоречия, личные проблемы, вредные привычки отдельных индивидуумов
Конфликты между индивидами	Различие характеров или несогласованность целей и путей их достижения.
Конфликты между отдельными лицами и компанией или ее частями	Противодействие (осознанное или неосознанное) со стороны отдельных работников достижению корпоративных целей, исходя из убежденности в их индивидуальной недооценке.
Конфликты между функциональными структурами	Противоречивые цели функциональных подразделений, выступающие следствием неадекватного целеполагания со стороны вышестоящего руководства.

Конфликты между структурами одного уровня	Установка со стороны топ-менеджмента подразделениям противоречащих друг другу задач
Конфликты между структурами разных уровней	Административное изъятие ресурсов у одного подразделения с последующей слабо мотивированной передачей другому
Внутренние системные конфликты компании	Недостаточно четкая бизнес-стратегия, направленность на достижение противоречивых целей
Конфликты между компанией и внешними субъектами	Противоречия с группами фирм, имеющими специфические интересы, а также с государственными учреждениями и органами.

Логистическая координация представляет собой одно из наиболее эффективных средств управления межфункциональными конфликтами, под управлением которыми понимается предотвращение конфликтных ситуаций между подразделениями компании либо завершение (разрешение) уже возникших конфликтов.

Предотвращение конфликтных ситуаций предполагает устранение возможных причин их появления, а также воздействие на факторы, влияющие на вероятность их возникновения. Под разрешением конфликта понимается такая форма его завершения, которая приводит к устранению предмета конфликтного взаимодействия, то есть лежащего в его основе ключевого противоречия.

Однако, несмотря на все усилия, полностью избежать возникновения межфункциональных конфликтов вряд ли возможно. С учетом этого особую значимость приобретает правильный выбор способа завершения конфликта.

Так как суть логистической координации состоит в согласовании позиций или интересов сторон для достижения некой общей цели, роль координатора при завершении уже имеющих место конфликтных ситуаций сводится в основном к стимулированию сторон для реализации стратегий компромисса или сотрудничества, выбор между которыми определяется ситуационными факторами.

На основе всего сказанного можно сделать вывод, что осуществление логистической координации имеет большое значение как для предотвращения конфликтных ситуаций между подразделениями компании, так и для завершения уже имеющих место конфликтов.

Такая система рассмотрения и преодоления конфликтных ситуаций, в значительной мере, сложилась эмпирически, как результат разрешения практических, спорадически возникающих ситуаций. На уровне классической, и даже интегрированной логистики, такую систему можно считать удовлетворительной, но в перспективе, в структуре цепей поставок, а, главное, в управлении цепями поставок как интегрированном менеджменте, по нашему мнению, требуется более масштабный, всеохватывающий подход.

Важной задачей логистической координации является предотвращение межфункциональных конфликтных ситуаций либо завершение возникших конфликтов. Таким образом, логистическая координация может считаться одним из инструментов управления межфункциональными конфликтами в организации. Однако роль межфункциональной логистической координации в организации этим не ограничивается. Выделяют четыре вида координационной деятельности:

- превентивная - направленная на предвидение проблем и трудностей;
- устраняющая - предназначенная для устранения перебоев в системе после того, как они произошли;
- регулирующая - направленная на сохранение существующей схемы работы;
- стимулирующая - направленная на улучшение деятельности системы или существующей организации даже при отсутствии конкретных проблем.

Нетрудно заметить, что два последних вида координационной деятельности не связаны напрямую с противодействием конфликтам, но, как и два первых вида, направлены на повышение эффективности функционирования компании. Необходимо отметить, что превентивный вид координации должен быть ориентирован не только на предвидение проблем и трудностей, но и на их предотвращение.

Отмечая прагматическую направленность вышеуказанных видов координационной деятельности, заметим, что, по нашему мнению, следовало бы виды координационной деятельности в большей степени соотносить с характером не только оперативных, но также тактических и стратегических положений. В соответствии с этим предлагаем рассмотреть виды координирования соответственно типам стратегического планирования, исходя из типологии, предложенной Р. Акоффом [1]. Данный подход может предложить алгоритмы, дополняющие вышеуказанный характер осуществляемой логистической координации. Согласно предлагаемому подходу акцент делается не на характере предполагаемого результата, а на временном характере процесса координации. Тогда можно детерминировать следующие типы логистической координации:

- реактивная (reactive) - с преобладанием ориентации на прошлое;
- инактивная (inactive) – с ориентацией на существующее положение;
- преактивная (preactive) – упреждение с ориентацией на будущее;
- интерактивная (interactive) – ориентация на взаимодействие объектов координации; прошлое, настоящее и будущее учитываются в равной степени как различные, но неразделимые аспекты координации.

К достоинствам реактивного подхода можно отнести стремление учесть все бывшие ранее ситуации (историзм), эффект преемственности, не допускающий резких, необдуманных изменений, а также традиционализм,

формирующий чувство безопасности. Однако недостатки его вполне очевидны. Реактивизм не принимает сложившуюся конфликтную ситуацию, неприемлемыми считаются как создавшееся положение, так и применяемые методы. Однако разрешение данной конфликтной ситуации состоит не в принятии инновационного решения, а в возврате к доконфликтному состоянию. Таким образом, решение ищется в направлении подавления причины, вызвавшей этот конфликт. Разрешение межорганизационного конфликта таким способом зачастую в принципе невозможно, так как причина конфликта может находиться вне сферы компетенции конфликтующих сторон. Разрешение межфункциональных конфликтов таким способом в принципе возможно, но это ведет не к развитию корпоративной структуры, а к ее деградации и может стать, в свою очередь, причиной уже межорганизационного конфликта.

Инактивизм исходит из удовлетворенности существующим положением; он не склонен возвращаться к прежнему состоянию, но и не одобряет инновации. Его целями являются выживание и стабильность. В этом случае координационная деятельность направлена на возвращение состояния равновесия. Основное внимание уделяется не выявлению кризисных причин, а ослаблению уже возникших противоречий. Рассмотрение каждой из проблем изолированно от других и в этом случае не позволяет говорить о системном подходе к процессу координации. Ориентация исключительно на текущий момент не позволяет вовремя выявить характер происходящих изменений. Инактивизм может быть достаточно успешен в бюджетных организациях, но в корпорациях его результативность весьма сомнительна.

Преактивизм – как концепция упреждения ориентирована на ускорение изменений (на приближение будущего) и использование первыми открывающихся от внедрения инноваций возможностей. В отличие от инактивной, преактивная координация ориентирована на оптимизацию, достижение возможно лучшего результата в данных условиях. Преактивисты невысоко оценивают накопленный опыт, считая его слишком медленным стимулятором, содержащим не столько положительные, сколько отрицательные черты. Главная цель преактивной ориентации - рост: увеличение объемов производства, расширение своего рыночного сегмента, минимизация логистических издержек. Предполагая в будущем значительные (пока не осознанные) конкурентные преимущества, преактивизм предусматривает уделение большого внимания совершенствованию методов прогнозирования, стратегическому планированию, выявлению и конкретизации этих потенциальных преимуществ. Преактивная координация начинается с прогнозирования внешних условий, формулировки целей корпорации и установления статуса ее стратегии как системы. Далее на функциональном уровне программа преобразуется в систему проектов.

Таким образом, при преактивной ориентации межорганизационная координация превалирует над межфункциональной. Такая координация весьма эффективна в рамках классической логистики, реализуемой в масштабе интегрированных логистических систем. Что касается современного состояния, воплощенного в парадигме управления цепями поставок, здесь на первый план в координационном аспекте выходит сотрудничество, превращение участников цепи поставок в партнеров, а потому оказывается востребованной и иная концепция координации.

Интерактивизм – в равной степени не склонен ни возвращаться к прежнему состоянию, ни принимать будущее в том виде, как оно представляется в данный момент. Интерактивная концепция координации представляет собой проектирование желаемого будущего и изыскания путей его построения.

Интерактивный подход в корне отличается от предыдущих тем, что предполагает воздействие на окружающую социально-экономическую среду, ее преобразование в направлении, благоприятствующим решению стоящих перед корпорацией задач.

Технологически здесь определяется необходимое соотношение между качественными составляющими массива исследования операций, необходимого для решения проблемы. С точки зрения прогноза, необходимого в качестве базиса для координирующих технологий, возможна постановка вопроса о соотношении количественных и качественных методов.

Если инактивизм склонен ограничиться достаточно хорошим (удовлетворительным) результатом, а преактивизм допускает оптимальный результат лишь в текущий момент, то интерактивизм предпочитает лучшее действие в будущем, чем идеальное в настоящем. Его цель – максимизировать свою способность обучаться и адаптироваться, развиваться.

Р. Акофф формулирует три типа ориентиров, к которым стремится любая организация [1]: задачи, решение которых предполагается в рамках планируемого периода (нам кажется, точнее говорить о бюджетном периоде); цели, достижение которых предполагается за рамками данного планируемого (бюджетного) периода; идеалы, достижение которых в принципе невозможно, но ориентация на них в значительной мере определяет как конкурентную стратегию, так и корпоративную миссию фирмы.

Исходя из этого, можно сформулировать основные типы планирования изменений и координационной деятельности фирмы (см. табл. 2).

Стратегическое планирование заключается в выборе средств задач и целей, адекватных идеалам, которые определяются на уровне топ-менеджмента исходя из корпоративной миссии фирмы; это планирование имеет долгосрочный характер. Соответствующая координация охватывает

не только внутренние отношения, но и взаимоотношения между корпорацией как целым и ее деловым окружением, а потому сочетает как межфункциональный, так и межорганизационный характер.

*Таблица 2*

**Типы координационной деятельности корпорации и адекватные им типы планирования**

<b>Тип координационной деятельности</b>	<b>Задачи</b>	<b>Цели</b>	<b>Идеалы</b>	<b>Средства</b>	<b>Тип планирования</b>
Инактивизм	Заданы	Заданы	Заданы	Выбираются	Операционное
Реактивизм	Выбираются	Заданы	Заданы	Выбираются	Тактическое
Преактивизм	Выбираются	Выбираются	Заданы	Выбираются	Стратегическое
Интерактивизм	Выбираются	Выбираются	Выбираются	Выбираются	Нормативное

По нашему мнению, именно интерактивный характер логистической координации необходим в управлении цепями поставок, который представляет собой интегрирование ключевых бизнес-процессов, начинающихся от конечного пользователя и охватывающих всех поставщиков товаров, услуг и информации, добавляющих ценность для потребителей и других заинтересованных лиц.

Для успешного управления цепями поставок необходимо выполнение таких требований, как наличие квалифицированного лидера (лица принимающего решение), готовность внедрять инновации и наделение функционеров необходимыми полномочиями. Управление цепями поставок представляет собой интерактивный, системный и комплексный подход, который требует одновременного рассмотрения и учета многих алгоритмов воспроизводственного процесса.

**Список литературы:**

1. Акофф Р. Планирование будущего корпорации. Пер. с англ. / Общ. ред. и предисл. д.э.н. В.И. Данилова – Данильяна. – М.: Прогресс, 1985. – 328 с.
2. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок: Пер. с англ. – 2-е изд. М.: ЗАО “Олимп-Бизнес”, 2005. – 640 с.
3. Григорьев М.Н., Уваров С.А. Логистика. Базовый курс: Учебник для бакалавров. – 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2012. – 818 с.
4. Иванов Д.А. Управление цепями поставок. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. - 660 с.
5. Кинг У., Клиланд Д. Стратегическое планирование и хозяйственная политика / Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1982. – с. 26-27.

# SUPPLY CHAIN BUILDING BLOCKS - DEVELOPMENT OF AN AGENT BASED SIMULATION

W. Kersten, M. Lopez Castellanos

*Hamburg University of Technology*  
*logu@tuhh.de*

Supply Chain Building Blocks (SCBB) is an agent based simulation platform for the supply chain phenomena characterization and analysis. SCBB characterizes supply chain participants as agents whose internal structure aligns with the SCOR's management processes. As a simulation platform SCBB uses standardized methods which enable configuring different supply chain designs for the holistic phenomena analysis across the system's detail levels.

Keywords: Supply Chain Modelling, Agent Based Simulation

## INTRODUCTION

Due to intense competition in global markets, supply chain modelling has a strategic relevance for achieving and maintaining competitive strength across the system's structural levels. Furthermore, there is a need for contingency plans to help supply chain systems cope with disruptions [1]. The holistic understanding of supply chain systems can only be assessed using dynamic approaches, namely simulation. Simulation methods enable assessing the supply chain's performance across the structural levels as well as validating particular solutions. Simulation methods support adequately the decision making for the robust and reactive supply chain design in a cost-effective way [2].

This paper develops an agent based simulation platform for holistically analyze the supply chain designs as complex systems. Based on the supply chain's structural and behavioural characteristics, agent based simulation approach is selected for modelling the supply chain's dynamics. This paper is structured in two main sections; the first section characterizes agent based simulation in supply chain modelling. The second section develops a generic supply chain agent based simulation platform called Supply Chain Building Blocks (SCBB).

## 2. AGENT BASED SIMULATION IN THE SUPPLY CHAIN

The use of computer models for analyzing system's phenomena has three main possible goals: explanation, prediction or exploration [3]. In general terms simulation methods are used to understand how systems work due to its flexibility in building and updating models [2]. The adequacy of supply chain modelling as an agent system is based on the agents' characteristics in abstracting the complex system's structure and behaviour. Simulation methods allow experimenting and testing counterfactuals for assessing a system's performance under situations not yet been observed or when it is not possible to experiment with the system itself without incurring in expensive trials [4][3][5].

The term “agent” refers to any type of independent component (software, entity, individual, etc.) whose behaviour can range from primitive reactive decision rules to complex adaptive “Artificial Intelligence” (AI) [6][7][8]. An agent is an autonomous, goal oriented software process that operates asynchronously communicating and coordinating with other agents across different levels of granularity [9][10].

Agent based approach, referred also as ABM: Agent Based Modelling, ABS: Agent Based Systems, MAS: Multi-Agent Systems [10][11], AAMAS: Adaptive Agents and Multi-Agent Systems [12] and IBM: Individual Based Modelling [13][14][15], originates from behavioural analyzes within natural and social sciences. In its origins agent models encapsulate the individuals’ interaction, collaboration, group behaviour and emergence of higher order structures making up a system [16]. Agent model’s execution is the emulation of the agents’ behaviours in the aim to describe the actual or plausible individuals rather than normative approaches seeking to optimize and identify optimal behaviours [17]. Complementarily, agent based frameworks have been described as “Complex Adaptive Systems” (CAS) highlighting they are systems built from ground-up as opposed to top-down systems described by systems dynamics models [16][18]. CAS describes whole systems composed by many levels of simpler interacting components (building blocks at the micro-level) and behavioural rules leading to emergent behaviour at the system level (macro-level) [19][3].

At the interfaces between the system’s structural elements, agent based models focus on the interactions of who is connected to whom and on the mechanisms governing the interactions. Additionally, network representations enable defining generic agents interaction patterns [16].

Agent based system implementations are best supported by object-oriented tools such as with visual modelling languages. Within the object oriented programming languages object classes define the agents’ templates and object methods define the agents’ behaviours [16]. The features of 55 state-of-the-art simulation software packages can be assessed in the October 2011 issue of OR/MS Today Magazine [20].

Existent methodologies for Agent Based Systemic (ABS) modelling consist of three main blocks: (1) *model planning and specifications*, (2) *model construction* and (3) *model run and analysis* [5]. The *model planning and specifications* block defines the phenomena to analyze and identifies the required information to define the model. The *model construction* block builds the model according to the specifications and checks if the model represents reality as specified [21][22][23]. Finally the *run and analysis* block executes the model characterized by the configuration for the systems phenomena analysis aiming to support the decision process of the stakeholders [24][3].

“Models” are simplifications or abstractions of the real world, therefore accurate verification and validation is usually not possible because the only perfect model is the real system [25]. However it should be demonstrated a model is valid

enough for the objective purposes [21]. Moreover, if the system modeled does not currently exist, validation can consist only of an assessment of model credibility [26] by its alignment with existing models (e.g. SCOR [27]).

A model validation can be performed by a structured walkthrough where the system elements at the micro-level (processes and methods) are analyzed individually but also at the macro-level (network structure) behavior as a whole [22]. Whenever possible, the model validation should be tested by checking the simulation model's output as compared to the historical behaviors of the real world target system [3][24].

### **3. DEVELOPEMENT OF SUPPLY CHAIN BUILDING BLOCKS**

Agent based frameworks are used for the implementation of distributed systems in the design and control of the supply chain's dynamic behaviour [28][29] as well as in the support of decision making [30][31]. The dynamic behaviour of complex multi-echelon supply chains is hard to model in analytic form; therefore agent based simulation is suitable for representing organizations as autonomous-interacting entities.

This section develops the Supply Chain Building Blocks (SCBB) simulation platform, where its name references to the system under analysis (namely Supply Chain) and to the agent's generic, dynamic, adaptive and reconfigurable functionalities. Additionally, the section is structured according to the ABS modeling blocks: *planning and specifications*, *construction*, and *run and analysis*.

The ABS modeling block of *planning and specification* defines the SCBB's structural and functional characteristics for the computer-based model architecture. The SCBB as a simulation platform for the supply chain phenomena characterization and analysis should be generic. The generic requirement of the model should enable its implementation independent from the supply chain's structural and behavioral characteristics. The SCBB's platform architecture should serve as a collection of reusable components and interfaces, providing support for the application of independent agent processes [6].

The stakeholders of the SCBB include the decision makers across the supply chain system's structure. Therefore, based on the analytical scope selected by the simulation user, the SCBB should deliver information accordingly. The SCBB agent's architecture defines five detail levels building the model's structure: the *sub-process*, the *process*, *agents*, the *network* and the *environment* level. Each of the system's structural levels generate and deliver the information requirements of the different stakeholders. Figure 1 presents the SCBB's systemic structure across the supply chain system.

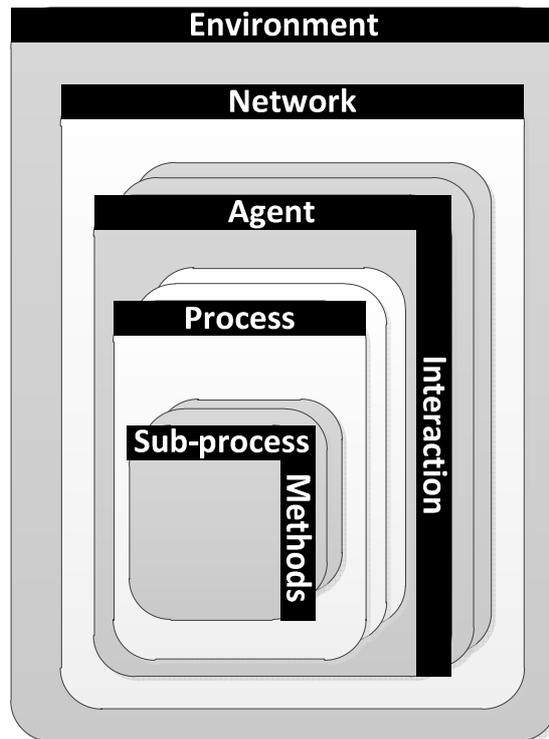


Figure 1 SCBB's model structural levels

The *environment* level is where the agents' interactions take place within the geographical scope of the network. The *network* level includes both the agents and their resulting interactions. The *agent* level is characterized by the aggregated performance of the agent's internal processes as well as by the interactions with other agents. The *process* level refers to the internal processes aligned with the SCOR management processes at level one (source, make and deliver). Finally the sub-process level includes the methods responsible for the aggregated performance of processes.

Within the SCBB's ABS modeling the *construction* block defines the supply chain as a multi-agent system inclusive of three kind of agents: (1) *Generic*, (2) *Transporter* and (3) *Demand* agents. The three kinds of agents interact at the supply chain network level and differ from each other in terms of their internal structure conformed by the *methods* defining the sub-processes interaction. Thus, the three previously identified agent kinds represent the "*building blocks*" for the supply chain modeling at network level.

The SCBB's *generic agent* corresponds to any entity (e.g. company or business) within the scope of the supply chain unionist perspective [32]. The generic agent type contains within its internal structure the same management processes (source, make and deliver) however based on their role within the supply chain network the nested methods are parameterized differently.

*Transporter* agents are responsible for the material exchange between the *generic* and the *demand* agents. The *transportation* agents do not represent building blocks within the SCBB system structure, but rather the links between the different supply chain participants. In the SCBB there are four types of

transportation for emulating the links between the supply chain participants: (1) airplane, (2) ship, (3) truck and (4) train transportation. Each transportation type is characterized differently in terms of their physical limitations (speed, loading and volume capacity) but also in terms of availability to establish the links between the supply chain participants. A complementary feature of the SCBB model is the Geographical Information System (GIS) emulation of *transportation* agents according to geo-data during the simulation.

*Demand* agents in the SCBB emulate finished product's requirements of customers or markets. *Demand* agents detonate the SCBB supply chain's requirements by pulling the finished products from the *generic* agents.

The SCBB's methods model the supply chain's inter-functional coordination of the agent's internal structure. The interaction between the SCBB's *methods* corresponds to the management processes defined in the SCOR model. Moreover, the *methods* enable the information and material flows at the agents' network level in terms of message exchanges and negotiation protocols.

The *methods* modeled within the SCBB's supply chain participants enable characterizing the different agents' kinds. The *methods* included in the *generic* agents' internal structure are: *inventory management*, *production management*, *materials handling*, *procurement*, *order management* and *accounting*. The *demand* agents' methods modeled are: *procurement*, *demand management* and *accounting*. The *transportation* agents' methods include: *order management*, *logistics* and *accounting*.

As defined in the SCBB's platform requirements (referring to modular and reusable architecture) all methods are self-controlled processes which once defined can be used by any of the agents that require those functions for their viability. Thus, a SCBB simulation model can have several agents of the same kind but since their methods are parameterized differently each agent develops different behaviors and interactions. In the case of *transporter* agents, all transportation types use the same methods but with different attributes.

Finally, the ABS modeling in its *run and analysis* block is the SCBB's model execution within the simulation software that generates data for collection and phenomena analysis. The output generated by the SCBB's computer model (simulation execution) is the information regarding the supply chain system's emergent and dynamic behavior across its structural levels: the environment and network interactions, the agent's process and sub-process.

#### **4. CONCLUDING REMARKS & OUTLOOK**

SCBB's enables simulating different supply chain designs based on its complex system characteristics for different phenomena analysis. Moreover, SCBB enables the supply chain analysis across the system's structural levels where each level emulates different emergent behaviors derived from their interaction within the system's structure. In the SCBB the supply chain phenomena are characterized by varying the parameters defining the methods included within

the different kinds of agents. Therefore, even a supply chain has the same kind of agents; each one has different attributes developing autonomous behaviors both internally and externally by interaction with other system elements.

The SCBB platform enables the modeling and simulation of different supply chain designs. The SCBB simulation can be further complemented by the holistic analysis of supply chain phenomena (e.g. complexity and risk management). SCBB establishes the basis of an experimenting platform of supply chain analysis and understanding in their structural and behavioral characteristics, as well as for identifying possible causal relationships between systemic elements.

## 5. REFERENCES

- [1] M. Mourits and J. J. M. Evers, "Distribution network design: An integrated planning support framework," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 25, no. 5, pp. 43-57, Jan. 1995.
- [2] R. Manzini, E. Ferrari, M. Gamberi, A. Persona, and A. Regattieri, "Simulation performance in the optimisation of the supply chain," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 16, no. 2, pp. 127-144, 2005.
- [3] R. E. Marks, "Validating Simulation Models: A General Framework and Four Applied Examples," *Comput Econ*, vol. 30, no. 3, pp. 265-290, Aug. 2007.
- [4] Juan Camilo Zapata, Pradeep Suresh, and G. V. Reklaitis, "Assessment of Discrete Event Simulation Software for Enterprise wide Stochastic Decision Problems," 2008.
- [5] W. Kersten, M. A. Lopez-Castellanos, and D. Stengel, "Strategic Agent Based Simulation Platform for Supply Chain Management," in *International Supply Chain Management and Collaboration Practices*, Hamburg, 2011, pp. 263-281.
- [6] M. S. Fox, M. Barbuceanu, and R. Teigen, "Agent-oriented supply-chain management," *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, vol. 12, pp. 165-188, 2000.
- [7] N. Gilbert, *Agent-Based Models*, annotated ed. Sage Publications, Inc, 2007.
- [8] M. E. Nissen, "Agent-Based Supply Chain Integration," *Inf. Technol. and Management*, vol. 2, no. 3, pp. 289-312, Jul. 2001.
- [9] P. Lou, Z. Zhou, Y.-P. Chen, and W. Ai, "Study on multi-agent-based agile supply chain management," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 23, no. 3-4, pp. 197-203, Feb. 2004.
- [10] M. Giannakis and M. Louis, "A Multi Agent-Based Framework for Agile Supply Chain Management," presented at the 19th Annual IPSERA Conference, Lappeenranta, Finland, 2010.
- [11] Fu-Ren Lin, Gek Woo Tan, and M. J. Shaw, "Modeling supply-chain networks by a multi-agent system," in *Proceedings of the Thirty-First Hawaii International Conference on System Sciences*, 1998, vol. 5, pp. 105-114.
- [12] E. Alonso, *Adaptive Agents and Multi-Agent Systems II: Adaptation and Multi-Agent Learning*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH, 2005.
- [13] M. Huston, D. DeAngelis, and W. Post, "New Computer Models Unify Ecological Theory," *BioScience*, vol. 38, no. 10, pp. 682-691, Nov. 1988.
- [14] E. Bonabeau, "Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 99, no. 90003, pp. 7280-7287, May 2002.
- [15] S. C. Banks, "Agent-based modeling: A revolution?," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 99, no. 90003, pp. 7199-7200, May 2002.
- [16] C. M. Macal and M. J. North, "Tutorial on Agent-Based Modeling and Simulation Part 2: How to Model with Agents," in *Simulation Conference, 2006. WSC 06. Proceedings of the Winter, 2006*, pp. 73-83.
- [17] H. V. D. Parunak, R. Savit, and R. L. Riolo, "Agent-Based Modeling vs. Equation-Based Modeling: A Case Study and Users' Guide," *Proceedings of the First International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*, pp. 10-25, 1998.

- [18] J. Fromm, *The emergence of complexity*. Kassel: Kassel Univ. Press, 2004.
- [19] B. Roy, "Using agents to make and manage markets across a supply web," *Complexity*, vol. 3, no. 4, pp. 31-35, Mar. 1998.
- [20] INFORMS, "Simulation Software Survey," *OR/MS Today*, vol. 38, no. 5, Oct-2011.
- [21] O. Balci, "Validation, verification, and testing techniques throughout the life cycle of a simulation study," *Ann Oper Res*, vol. 53, no. 1, pp. 121-173, Dec. 1994.
- [22] F. Persson and J. Olhager, "Performance simulation of supply chain designs," *International Journal of Production Economics*, vol. 77, no. 3, pp. 231-245, Jun. 2002.
- [23] M. J. North and C. M. Macal, *Managing Business Complexity: Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation*. Oxford University Press, USA, 2007.
- [24] D. T. Sturrock, "Tips for successful practice of simulation," in *Winter Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2010*, 2010, pp. 87-94.
- [25] A. H. Seltveit, "An approach to information systems modelling based on systematic complexity reduction," in *System Sciences, 1996., Proceedings of the Twenty-Ninth Hawaii International Conference on*, 1996, vol. 2, pp. 251-260.
- [26] R. J. Brooks and A. M. Tobias, "Choosing the best model: Level of detail, complexity, and model performance," *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 24, no. 4, pp. 1-14, Aug. 1996.
- [27] SCOR, "Supply-Chain Operations Reference-model Version 10 Overview." Supply Chain Council, 2011.
- [28] N. Sadeh, D. Hildum, D. Kjenstad, and A. Tseng, "MASCOT: An Agent-based Architecture for Coordinated Mixed-Initiative Supply Chain Planning and Scheduling," *Institute for Software Research*, Jan. 1999.
- [29] M. Barbuceanu, R. Teigen, and M. S. Fox, "Agent based design and simulation of supply chain systems," in *Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 1997., Proceedings Sixth IEEE workshops on*, 1997, pp. 36-41.
- [30] J. M. Swaminathan, S. F. Smith, and N. M. Sadeh, "Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach," 1998.
- [31] H. J. Ahn and H. Lee, "An Agent-Based Dynamic Information Network for Supply Chain Management," *BT Technology Journal*, vol. 22, no. 2, pp. 18-27, Apr. 2004.
- [32] J. T. Mentzer, W. DeWitt, J. S. Keebler, S. Min, N. W. Nix, C. D. Smith, and Z. G. Zacharia, "Defining Supply Chain Management," *Journal of Business Logistics*, vol. 22, no. 2, pp. 1-25, Sep. 2001.

# A MODEL OF SUPPLIER-MANUFACTURER INTERACTION WHEN DEMAND IS SENSITIVE TO PRICE AND QUALITY

G. Aust

*TU Dresden, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Lehrstuhl fuer Industrielles Management, Dresden, Deutschland  
gerhard.aust@tu-dresden.de*

We study a supplier-manufacturer supply chain, which faces consumer demand, that is sensitive to prices and product quality. Assuming a Nash game, we derive closed-form solutions for both players' optimal price and quality decisions. Based on numerical examples, we achieve the following main findings: (1) Both players can yield higher profits, when consumers set more value to quality than to prices. (2) Product quality is mostly defined by the echelon with lower cost structure, whereof the other party benefits through higher profits.

## INTRODUCTION

The interaction of firms with various upstream and downstream partners has gained significant interest in supply chain management literature. Due to the complexity of such problems, studies often fall back on mathematical modelling and operations research techniques to simplify reality and concentrate on basic questions. A quite common approach is the use of Game Theory, by which one is able to formulate different inter-echelon relationships, like e.g. channel leadership or cooperation.

Several works discussed the issue of optimal pricing strategies in manufacturer-retailer channels and proposed methods for obtaining channel coordination, like e.g. two part tariffs [2, 3, 8, 10, 11]. Another sector, which has become popular in the recent years, considers the optimal advertising decisions, especially the so-called cooperative advertising programs between manufacturer and retailer [7, 13, 14, 15, 18].

In this work, we focus on product quality, which is one of the key drivers of consumer demand. A recent survey of 1,000 people in the U.S. yielded, that 45% consider quality as the most important fact when buying a car, while only 22% declared to set the highest value to the price [9].

However, models dealing with quality related questions are scarce in literature. [5] investigates, if prices can work as indicators of product quality and proposes five specific utility functions for different groups of consumers. Another important aspect is the choice between quality investment and quality inspection, which is considered by [6]. [4] confronts the benefit of a manufacturer's quality investment with the benefit of a cooperative advertising support to the retailer.

Other authors follow a different approach and concentrate on the determination of price and quality level or quality investment: [1] considers a duopoly, where

two manufacturers compete in terms of prices and product quality. Similar to the latter, [17] analyse pricing and quality decisions of a manufacturer, which sells his product either via a direct channel or via a retailer. [19] allows a buyer to invest into the quality of his supplier and additionally studies the effects on order quantity and production lot size. However, consumer demand is fixed and independent of quality and price. The work closest to our approach is [16], which assumes a risk-averse supply chain, where the supplier determines the quality of a product, which is sold by the manufacturer. Based on this model, solutions for different supply chain strategies are derived.

We differ from existing work by considering a consumer demand, which is sensitive to prices and product quality. Furthermore, the product quality depends both on the supplier's and the manufacturer's production process.

The remainder of our paper is as follows: First, we formulate a mathematical model of a supplier-manufacturer supply chain and set up the relevant demand and profit functions. After that, we assume a Nash game and derive closed-form solutions for prices and quality levels of all parties involved. These results are then analysed by means of numerical examples and sensitivity analyses. The last section summarizes the main findings and outlines directions for future research.

## MODEL FORMULATION

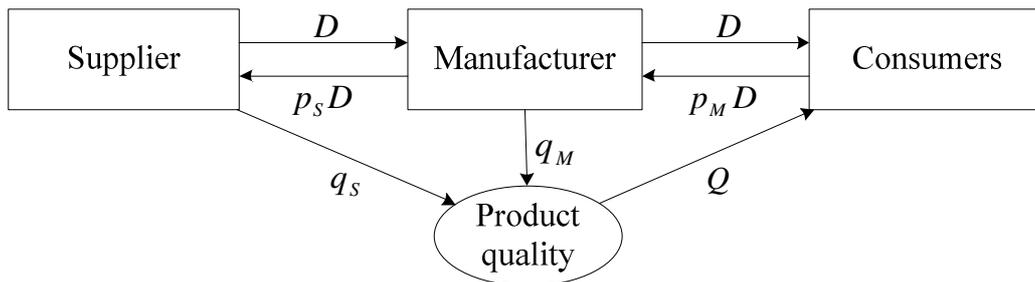


Figure 1. Supply Chain

We examine a two-echelon supply chain selling a product to a group of consumers (see Figure 1). The capacity of both echelons is assumed to be sufficient to cover the consumer's demand and all players are acting under complete information. In this process, the manufacturer purchases a certain type of raw material or upstream product from the supplier at the price of  $p_s$ . For the sake of simplicity, we assume a ratio of one unit of upstream product being necessary to fabricate one unit of the final product. Prior to selling this final product to the consumers at the price of  $p_M$ , a last manufacturing step is operated by the manufacturer, e.g. an assembly or finishing process. We assume, that the quality of the final product is affected by the supplier's as well as the manufacturer's production process [6] and that each echelon can determine a quality level  $q_i$ , which causes both variable and fixed production costs. Hence, the resulting product quality  $Q$  is

$$Q = q_S + q_M. \quad (1)$$

Similar to [1, 12], we assume the following cost structure for echelon  $i$ :

$$C_i = \gamma_i q_i D + \delta_i q_i^2. \quad (2)$$

One can identify the linear variable costs  $\gamma_i q_i$  per each unit manufactured, as well as the fixed term  $\delta_i q_i^2$ , which occurs independently of the quantity. The quadratic expression refers to the fact, that investments in product quality, e.g. new machines, quality control or training of employees, increase disproportionately according to the desired quality level. The two positive parameters  $\gamma_i$  and  $\delta_i$  denote the variable / fixed cost rate for a certain quality level  $q_i$ . Thus, one will agree that both parameters take only positive values and  $\gamma_i \ll \delta_i$  is valid.

Table 1. List of symbols

Variables		Parameters	
$D$	Consumer demand	$\alpha$	Potential intrinsic demand
$Q$	Product quality	$\beta$	Price sensitivity
$p_i$	Price of echelon $i$	$\varepsilon$	Quality sensitivity
$m$	Manufacturer's margin	$\gamma_i$	Variable cost rate of echelon $i$
$q_i$	Quality level of echelon $i$	$\delta_i$	Fixed cost rate of echelon $i$
$\Pi_i$	Profit of echelon $i$	$i$	$S$ - Supplier, $M$ - Manufacturer

Consequently, we can now deduce the profit functions of the considered players:

$$\Pi_S = (p_S - \gamma_S q_S) D - \delta_S q_S^2 \quad (3)$$

$$\Pi_M = (m - \gamma_M q_M) D - \delta_M q_M^2. \quad (4)$$

The supplier's profit can be calculated via the total revenue, i.e. the product of price and demand volume, shortened by the emerging variable and fixed costs. Please note that we consider manufacturer's margin as a decision variable with

$$m = p_M - p_S \quad (5)$$

in order to guarantee mathematical tractability.

The consumer demand  $D$  is dependent both on manufacturer's price  $p_M$  and product quality  $Q$ . Following [1, 16], we assume a linear relationship between the two factors and the resulting demand:

$$D(p_M, Q) = \alpha - \beta p_M + \varepsilon Q. \quad (6)$$

Due to its convenience, the linear price demand function is widely-used in literature (see e.g. [2, 3, 8, 11, 15]). Parameter  $\alpha$  denotes the potential intrinsic demand of the consumers, while  $\beta$  can be interpreted as price sensitivity, i.e. the reactivity of the consumers to a change of manufacturer's price  $p_M$ . Obviously, most consumers will be disposed to pay a higher price for getting a product of superior quality. Hence, the product quality  $Q$  antagonizes  $p_M$  and

enters the demand function positively. Analogously, we refer to  $\varepsilon$  as quality sensitivity parameter of the consumers. Furthermore, we set  $\alpha, \beta, \varepsilon > 0$ .

By means of Equations (1) and (5), we can now reformulate the demand function

$$D(p_S, m, q_S, q_M) = \alpha - \beta(p_S + m) + \varepsilon(q_S + q_M) \quad (7)$$

as well as the profit functions of the two players

$$\Pi_S = (p_S - \gamma_S q_S) [\alpha - \beta(p_S + m) + \varepsilon(q_S + q_M)] - \delta_S q_S^2 \quad (8)$$

$$\Pi_M = (m - \gamma_M q_M) [\alpha - \beta(p_S + m) + \varepsilon(q_S + q_M)] - \delta_M q_M^2. \quad (9)$$

## NON-COOPERATIVE BEHAVIOUR UNDER EQUAL POWER STRUCTURE

In this section, we analyse a scenario with a symmetric power structure within the supply chain, where both players act non-cooperatively. This type of supply chain interaction is often modelled by a Nash game, which bases on a simultaneous decision process of the involved parties. Mathematically, one can obtain the solutions (i.e. the Nash equilibrium) by determining the profit-maximising decision variables of both players separately.

Hence, we start with the supplier's decision problem:

$$\begin{aligned} \max \Pi_S(p_S, q_S) \\ \text{s.t. } p_S, q_S > 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Establishing the first order conditions  $\partial \Pi_S / \partial p_S = 0$  and  $\partial \Pi_S / \partial q_S = 0$ , we get

$$\frac{\partial \Pi_S}{\partial p_S} = [\alpha - \beta(p_S + m) + \varepsilon(q_S + q_M)] - \beta(p_S - \gamma_S q_S) = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial \Pi_S}{\partial q_S} = -\gamma_S [\alpha - \beta(p_S + m) + \varepsilon(q_S + q_M)] + \varepsilon(p_S - \gamma_S q_S) - 2\delta_S q_S = 0. \quad (12)$$

To ensure that these conditions yield the maximum supplier's profit, the Hessian Matrix of  $\Pi_S(p_S, q_S)$  has to be negative definite. Hence, there exist unique optimal solutions for  $p_S$  and  $q_S$  when  $\delta_S > (\varepsilon - \beta\gamma_S)^2 / 4\beta$ :

$$p_S = \frac{\alpha - \beta m + \varepsilon(q_S + q_M) + \beta\gamma_S q_S}{2\beta} \quad (13)$$

$$q_S = \frac{\varepsilon p_S - \gamma_S [\alpha - \beta(p_S + m) + \varepsilon q_M]}{2(\varepsilon\gamma_S + \delta_S)}. \quad (14)$$

Similarly, the manufacturer's problem is

$$\begin{aligned} \max \Pi_M(m, q_M) \\ \text{s.t. } m, q_M > 0 \end{aligned} \quad (15)$$

with the first order conditions

$$\frac{\partial \Pi_M}{\partial m} = [\alpha - \beta(p_S + m) + \varepsilon(q_S + q_M)] - \beta(m - \gamma_M q_M) = 0 \quad (16)$$

$$\frac{\partial \Pi_M}{\partial q_M} = -\gamma_M [\alpha - \beta(p_S + m) + \varepsilon(q_S + q_M)] + \varepsilon(m - \gamma_M q_M) - 2\delta_M q_M = 0. \quad (17)$$

When  $\delta_M > (\varepsilon - \beta\gamma_M)^2 / 4\beta$  is valid, the Hessian matrix of  $\Pi_M(m, q_M)$  is negative definite and the unique profit-maximising solutions for manufacturer's margin and quality level are:

$$m = \frac{\alpha - \beta p_S + \varepsilon(q_S + q_M) + \beta\gamma_M q_M}{2\beta} \quad (18)$$

$$q_M = \frac{\varepsilon m - \gamma_M [\alpha - \beta(p_S + m) + \varepsilon q_S]}{2(\varepsilon\gamma_M + \delta_M)}. \quad (19)$$

The corresponding Nash-Equilibrium, which can be determined by solving Equations (13),(14),(18) and (19), is summarized in Table 2.

Table 2. Nash Equilibrium

Supplier	Manufacturer
$p_S = \frac{\alpha\delta_M(\beta\gamma_S^2 - \varepsilon\gamma_S - 2\delta_S)}{\Psi}$	$m = \frac{\alpha\delta_S(\beta\gamma_M^2 - \varepsilon\gamma_M - 2\delta_M)}{\Psi}$
$q_S = \frac{\alpha\delta_M(\beta\gamma_S - \varepsilon)}{\Psi}$	$q_M = \frac{\alpha\delta_S(\beta\gamma_M - \varepsilon)}{\Psi}$
$\Pi_S = \frac{\alpha^2\delta_S\delta_M^2(2\beta\varepsilon\gamma_S + 4\beta\delta_S - \beta^2\gamma_S^2 - \varepsilon^2)}{\Psi^2}$	$\Pi_M = \frac{\alpha^2\delta_S^2\delta_M(2\beta\varepsilon\gamma_M + 4\beta\delta_M - \beta^2\gamma_M^2 - \varepsilon^2)}{\Psi^2}$
$\Psi = \beta^2\delta_M\gamma_S^2 - 2\beta\delta_M\varepsilon\gamma_S + \beta^2\delta_S\gamma_M^2 - 2\beta\delta_S\varepsilon\gamma_M + \delta_S\varepsilon^2 + \delta_M\varepsilon^2 - 6\beta\delta_S\delta_M$	

## NUMERICAL ANALYSIS

The complex formulae restrict our study to numerical examples. Therefore, let  $\alpha = 1000$ ,  $\beta = \varepsilon = 1$ ,  $\delta_S = \delta_M = 10$  and  $\gamma_S = \gamma_M = 0.25$  be the general framework of parameters for the following sensitivity analyses. In this setting, neither the supplier nor the manufacturer has cost advantages compared to his counterpart. Furthermore, the consumers' demand is equally sensitive to price and quality level of the considered product. As a result, both parties decide on the same price and quality level, whereby they realise identical profits.

We start with the two parameters  $\beta$  and  $\varepsilon$ , which represent consumers' sensitivity to price and quality level. From Figure 2 we derive, that an increase of price sensitivity (combined with a constant quality sensitivity) leads to lower prices. This is followed by a reduction of product quality, as both parties have lower budgets available. Altogether, the consumer demand decreases as well as supplier's and manufacturer's profit.

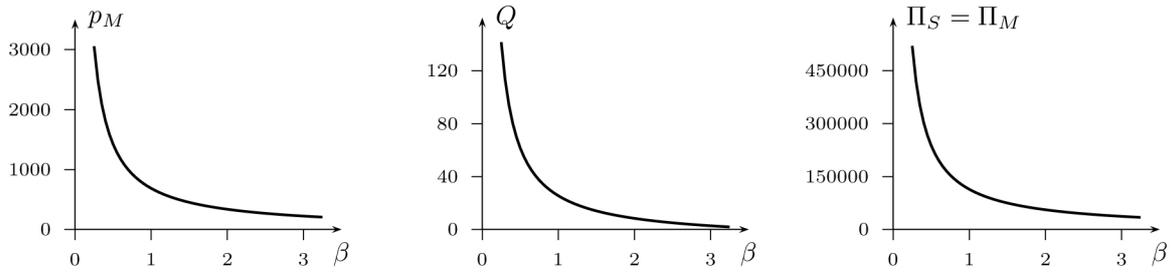
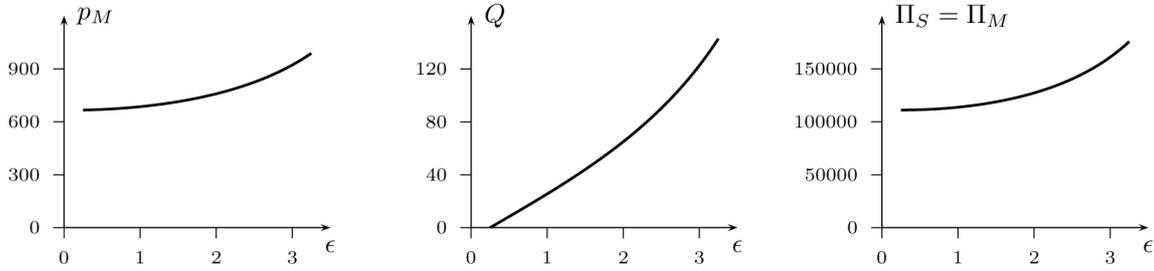


Figure 2. Price  $p_M$ , quality level  $Q$  and profits  $\Pi_i$  as a function of  $\beta$

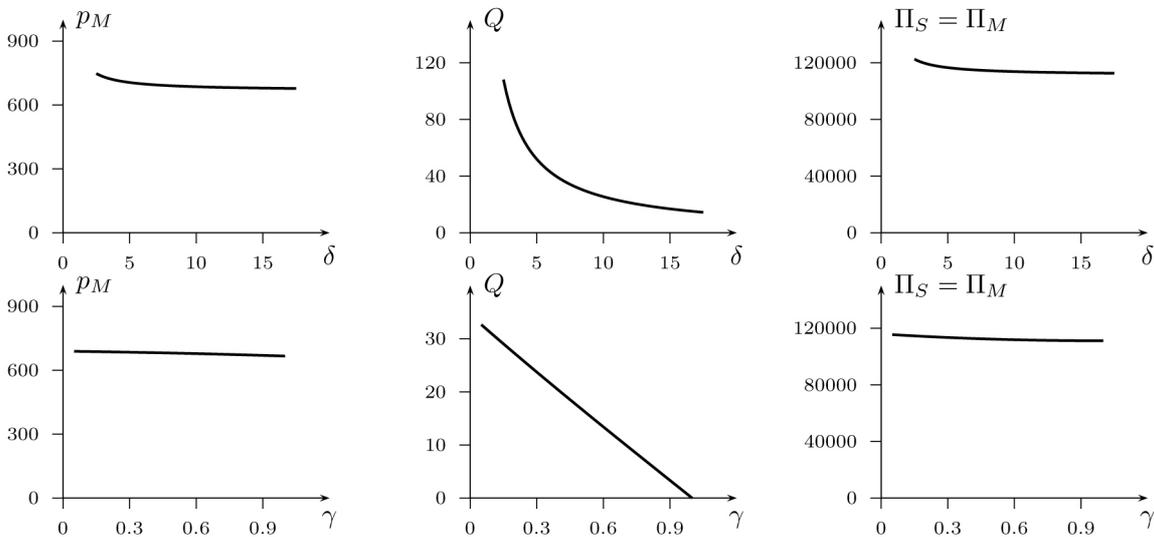
Interestingly, if the consumers set more value on quality (and the price sensitivity remains stable), the rise of product quality will be accompanied by a higher price and higher profits of the involved parties (see Figure 3). Hence, we can conclude, that it is more profitable for a supplier-manufacturer supply chain to serve a market segment, where consumers attach more importance to quality than to low prices.

Figure 3. Price  $p_M$ , quality level  $Q$  and profits  $\Pi_i$  as a function of  $\epsilon$



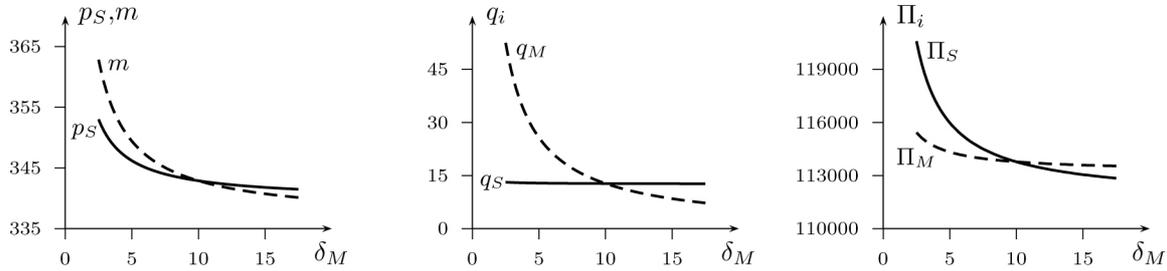
Next, we consider the effects of a variation of the cost parameters, still holding the assumptions  $\delta_S = \delta_M = \delta$  and  $\gamma_S = \gamma_M = \gamma$  (see Figure 4). For both parameters, the quality level will tend to zero if the variable respectively fixed quality costs increase, while non-quality variables are only slightly affected. Please note that only values of  $\gamma$  with  $\gamma > \epsilon / \beta$  are feasible as smaller values produce negative quality levels (see numerator of  $q_i$  in Table 2 for the proof).

Figure 4. Price  $p_M$ , quality level  $Q$  and profits  $\Pi_i$  as a function of  $\delta$  and  $\gamma$



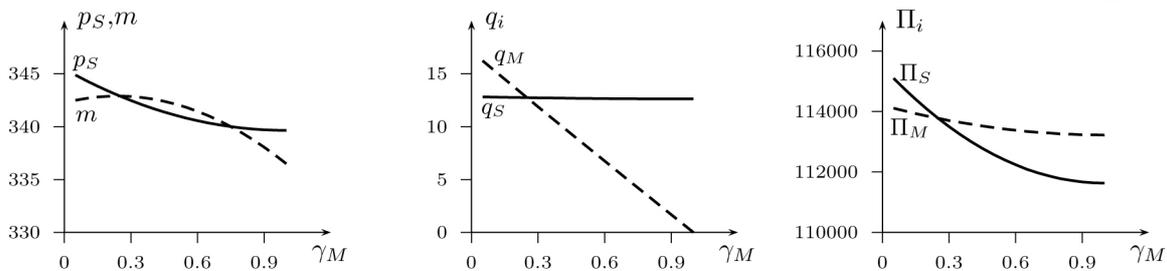
Now we relax the assumption of identical cost structures in order to analyse the effects of different variable and fixed costs on the pricing and quality decisions within the supply chain. Parameters  $\delta_S$  and  $\delta_M$  were introduced as cost rates of quality investments.

Figure 5. Price  $p_s$ , margin  $m$ , quality levels  $q_i$  and profits  $\Pi_i$  as a function of  $\delta_M$



From Figure 5 one can see, that both the supplier's price  $p_s$  and the manufacturer's margin  $m$  are affected by changes of parameter  $\delta_M$ . In contrast, only the manufacturer's quality level drops with an increasing fixed cost rate  $\delta_M$ , while the supplier's quality level remains nearly constant. Furthermore, we can state that the echelon with the lower fixed cost rate will set the higher quality level and will receive the higher price respectively margin. The latter diagram shows, that despite the higher price, the echelon with lower value of  $\delta_i$  will realise less profit, though. The reason is twofold: First, the mark-up in  $m$  is not sufficient for compensating the increasing variable and fixed quality costs associated with the higher quality; and second, the counterpart benefits from higher total quality level  $Q$  and the thereby caused higher consumer demand without having to bear the quality costs.

Figure 6. Price  $p_s$ , margin  $m$ , quality levels  $q_i$  and profits  $\Pi_i$  as a function of  $\gamma_M$



Parameters  $\gamma_S$  and  $\gamma_M$  represent the variable cost rates, which incur according to the selected quality level. Figure 6 shows the effects of a variation of  $\gamma_M$  while  $\gamma_S$  remains constant. Concerning the quality levels and profits, we observe results similar to the sensitivity analysis of  $\delta_M$ : The echelon with the lower variable cost rate will set a higher quality level, but will receive lower profits compared to its counterpart. The functions of  $p_s$  and  $m$  in the left diagram behave differently, though, and have two intersections, which can be explained by the variable cost functions  $\gamma_i q_i$ , which also has two intersections. Altogether, we can summarize, that the echelon with a lower cost structure will

set a higher quality level, which the other echelon benefits from due to its lower costs.

## CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH

In this paper, we proposed a model of supplier-manufacturer interaction with price- and quality-sensitive consumer demand. The product quality consists of the quality levels of each echelon, which can be determined separately. Both, supplier and manufacturer, incur variable and fixed quality costs, which depend on the selected quality level. We then assumed a Nash game, which represents a non-cooperative behaviour under symmetric power structure, and derived closed-form solutions for prices, quality levels and profits of the involved parties. Our main findings are as follows: (1) The supply chain should choose a market, where consumers set more value to quality than to prices, as this leads to higher profits than a market with highly price sensitive consumers. (2) The echelon with the lower cost structure sets a superior quality level than its counterpart, which can benefit from an increase of demand without bearing the costs. Therefore, the echelon with a higher cost structure realises higher profits. Our proposed model suffers from some limitations, like e.g. the linear demand function or the additive relationship between price and quality induced demand. Furthermore, it may be interesting to apply other game structures on the proposed model, like e.g. the Stackelberg game, or to allow the manufacturer to support the supplier's quality investment as proposed in [19].

## REFERENCES

1. Banker, R. D., Khosla, I., Sinha, K. K. Quality and competition, in: *Management Science*, Vol. 44, No. 9, 1998, pp. 1179-1192.
2. Choi, S. C. Price competition in a channel structure with a common retailer, in: *Marketing Science*, Vol. 10, No. 4, 1991, pp. 271-296.
3. Choi, S. C. Price competition in a duopoly common retailer channel, in: *Journal of Retailing*, Vol. 72, No. 2, 1996, pp. 117-134.
4. De Giovanni, P. Quality improvement vs. advertising support: Which strategy works better for a manufacturer?, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 208, No. 2, 2011, pp.119-130.
5. Ding, M., Ross, W. T. Jr., Vithala, R. R. Price as an indicator of quality: Implications for utility and demand functions, in: *Journal of Retailing*, Vol. 86, No. 1, 2010, pp. 69-84.
6. Hsieh, C.-C., Liu, Y.-T. Quality investment and inspection policy in a supplier-manufacturer supply chain, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 202, No. 3, 2010, pp. 717-729.
7. Huang, Z., Li, S. X. Co-op advertising models in manufacturer-retailer supply chains: A game theory approach, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 135, No. 3, 2001, pp. 527-544.
8. Ingene, C. A., Parry, M. E. Channel coordination when retailers compete, in: *Marketing Science*, Vol. 14, No. 4, 1995, pp. 360-377.
9. IPSOS. Quality Remains the Most Influential Factor in Americans' Car Buying Decisions, 2011, <<http://www.ipsos-na.com/news-polls/pressrelease.aspx?id=5435>>.
10. Jeuland, A. P., Shugan, S. M. Channel of distribution profits when channel members form conjectures, in: *Marketing Science*, Vol. 7, No. 2, 1988, pp. 202-210.
11. McGuire, T. W., Staelin, R. An industry equilibrium analysis of downstream vertical integration, in: *Marketing Science*, Vol. 2, No. 2, 1983, pp. 161-191.
12. Moorthy, K. S. Product and price competition in a duopoly, in: *Marketing Science*, Vol. 7, No. 2, 1988, pp. 141-168.

13. Seyed Esfahani, M. M., Biazaran, M., Gharakhani, M. A game theoretic approach to coordinate pricing and vertical co-op advertising in manufacturer-retailer supply chains, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 211, No. 2, 2011, pp. 263-273.
14. Szmerekovsky, J. G., Zhang, J. Pricing and two-tier advertising with one manufacturer and one retailer, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 192, No. 3, 2009, pp. 904-917.
15. Xie, J., Wei, J. C. Coordinating advertising and pricing in a manufacturer-retailer channel, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 197, No. 2, 2009, pp. 785-791.
16. Xie, G., Yue, W., Wang, S., Lai, K. K. Quality investment and price decision in a risk-averse supply chain, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 214, No. 2, 2011, pp. 403-410.
17. Xu, X. Optimal pricing and production quality decisions in a distribution channel, in: *Management Science*, Vol. 55, No. 8, 2009, pp. 1347-1352.
18. Yue, J., Austin, J., Wang, M.-C., Huang, Z. Coordination of cooperative advertising in a two-level supply chain when manufacturer offers discount, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 168, No. 1, 2006, pp. 65-85.
19. Zhu, K., Zhang, R. Q., Tsung, F. Pushing quality improvement along supply chain, in: *Management Science*, Vol. 53, No. 3, 2007, pp.421-436.

# TQM AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PRACTICES IN RUSSIA AND GERMANY

N. Maslan<sup>1</sup>, P. Letmathe<sup>2</sup>

*1 - University of Siegen, Germany*

*2 - RWTH Aachen University, Germany*

*Natalia.maslan@uni-siegen.de*

The authors draw attention to the applicability of TQM (Total Quality Management)-based supplier management in different cultural contexts. We present theoretical and empirical results how culturally different countries, as well as components of an organizational culture, influence the acceptance of TQM-based supplier management and TQM itself in an organizations and how they may impact organizational performance.

## INTRODUCTION TO THE TOPIC

In recent years, scientists have proven the significant potential of management systems, based on the principles of TQM. However, there is still no unanimous agreement between the researchers about universal validity of all critical factors of TQM and their effects on organizational performance in organizations all over the world (Sousa and Voss, 2002). Such a critical factors of TQM is supplier management (Crosby, 1984; Deming, 1986; Saraph et al., 1989; Powell, 1995; Rao et al., 1997; Solis et al., 2000; Curkovic et al., 2000; Mehra et al., 2001; Sun and Cheng, 2002; Kaynak, 2003; Sila and Ebrahimpour, 2003; Lin et al., 2005; Sila 2007).

Supplier management gains more and more importance as organizations buy more components externally: 30 years ago only 20% of goods were delivered from external suppliers, 10 years ago it were already 70% (Rothlauf, 2004). As companies increase the focus on their core competencies they have to integrate suppliers into the company processes. Supplier management, focusing on supply chain integration and communication, suppliers'- buyers' close cooperation, quality-oriented supplier selection, supplier participation under management principles of TQM, is called TQM-based supplier management or supply chain quality management (SCQM): "Supply chain quality management (SCQM) is defined as a system-based approach to performance improvement that leverages opportunities created by upstream and downstream linkages with suppliers and customers" (Foster Jr., 2008).

The goal of TQM-based supplier management is to improve organizational performance (Foster Jr., 2008). According to current research, there is no unanimous agreement how quality-based supply chain management practices

influence the organizational performance (Shin, 2002; Tan et al., 2002; Olhager and Selldin, 2004; Lin et al., 2005; Kaynak and Hartley, 2008; Yeung, 2008). Moreover, there is still a lack of studies, which analyze contextual factors of TQM-based supply chain management. Polychronakis and Syntetos (2007) argue that organizational cultural frameworks and structure could be an important influence on buyer-supplier relationship and “are reflected on the supplier management approaches adopted by the organizations under consideration” (2007). We also think that even the TQM founders regard the TQM concept as universally applicable independent of the size and location of an organizations (Deming, 1982; Feigenbaum, 1983; Crosby, 1986; Deming, 1986;). National and organizational culture could play a big role in successfully adopting TQM-based supplier management practices and the TQM principles themselves. For this reason, we present an empirical study aiming at supplier management practices and results in Germany and Russia. In essence, we identify external factors which influence the acceptance of the TQM-based supplier management and TQM practices in organizations.

## **EMPIRICAL OVERVIEW TO TQM-BASED SUPPLIER MANAGEMENT PRACTICES IN GERMANY AND RUSSIA**

Sila (2007) conducted a comprehensive literature review and created the measurement instrument, based on the works of Saraph et al. (1989), Flynn et al. (1994), Samson and Terziovski (1999) which he extended through questions from MBNQA2002

([http://www.nist.gov/baldrige/publications/business\\_nonprofit\\_criteria.cfm](http://www.nist.gov/baldrige/publications/business_nonprofit_criteria.cfm), from 10.05.2011). He used 114 Items to collect information about the level of TQM implementation in the organization and „all the items had statistically significant factor loadings on their assigned TQM practices“ (Sila, 2007).

For our research we have further extended the instrument of Sila by organizational cultural variables, which could be typical for Russian and German organizations. We developed our own constructs to measure these variables. After back-translation and pretesting our questionnaire, we sent emails with the explanation what kind of research we interviewed 33 Russian organizations (response rate: 10,58%). As we did not have enough interviews and were limited in time, we contacted 29 different manufacturing organizations, situated in different parts of Russia, but to which we had direct or indirect personal contacts and could easier persuade them to take part in the research, 25 participated in the study. Overall, we were able to interview 58 manufacturing organizations from Russia with different turnovers and with different number of employees took part in the research (Table 1). For our future research step we are still collecting data as we aim at approximately 120 interviews with Russian organizations.

In Germany, we interviewed 23 firms from a randomly selected sample. Additional 12 more interviews were arranged through personal contacts.

Overall, 35 manufacturing organizations from Germany with different turnovers and with different number of employees took part in the research (Table 1). It is interesting to note, that general managers and employees of Russian organizations are younger than their German counterparts (Table 1). The possible reason for that is that organizations with older general managers and older employees in Russia are still influenced by the communistic time and either did not trusted us or did not see the need in scientific studies. Thus, more organizations with young general managers and young employees took part in interviews. Another reason could be that young people with a good education are promoted earlier in their careers. 57% of interviewed organizations in Germany are ISO 9000 certified compared to 29% in Russia (Table 1).

Profile	Russia	Germany
Number of interv. organizations	58	35
Service or manufacturing	manufacturing	manufacturing
Foreign capital?	no	no
Turnover, mln USD, 2010	0-1: 17; 2-10,: 20; 11-20: 2; 21-50: 4; 51-100: 3; 101-500: 1; 501-1000: 2; >1000: 3;Missing Values: 6	0-1: 3; 2-10,: 9; 11-20: 6; 21-50: 4; 51-100: 5; 101-500: 5; 501-1000: 0; >1000: 3; Missing Values:0;
Number of employees, 2010	0-20: 9; 21-100: 20; 101-500: 16; 501-1000: 3; 1001-2500: 3; >5000: 7; Missing Values:0;	0-20: 7; 21-100: 9; 101-500: 12; 501-1000: 3; 1001-2500: 2; >5000: 2; Missing Values:0;
Average age of general manager	<30: 4; 30-39: 17; 40-49: 17; 50-59: 17; >60: 3; Missing Values: 0	<30: 1; 30-39: 5; 40-49: 6; 50-59: 17; >60: 6; Missing Values: 0
Average age of employees	<30: 5; 30-39: 32; 40-49: 18; 50-59: 3; >60: 0; Missing Values: 0	<30: 0; 30-39: 3; 40-49: 16; 50-59: 16; >60: 0; Missing Values: 0
ISO 9000 certification	Ja: 17 (29%); No: 37 (64%), Missing Values: 4 (7%)	Ja: 20 (57%); No:15 (43%); Missing Values: 0

Table 1. A profile of the respondents.

At the first stage of our research, we chose almost all items from the instrument from Sila, which referred to “supplier management” (Sila, 2007):

1. The purchasing department assumes responsibility for the quality of incoming products/services
2. We usually select our suppliers based on quality rather than price or schedule
3. We prefer long-term relations with a few suppliers
4. We give clear specifications to our suppliers
5. Our suppliers are expected to support our efforts, even when necessary services are not mentioned in contract
6. We seek the active involvement of suppliers in our process design
7. We seek the active involvement of suppliers in new product development process
8. We seek the active involvement of suppliers in our product/service quality planning process
9. We cooperate with our suppliers to help them improve their quality
10. We cooperate with our suppliers to help them improve their cost
11. We cooperate with our suppliers to help them improve their lead time

	1. Purchasing responsible for quality of incoming goods	2. Selection on quality rather than price/schedule	3. Long term relations with a few suppliers	4. Clear specifications for suppliers	5. Suppl. support of our efforts	6. Suppl. involv. in our process design
Valid Russia	57	57	57	57	57	57
Missing Russia	1	1	1	1	1	1
Valid Germany	35	35	35	35	35	35
Missing Ger.	0	0	0	0	0	0
Mean Russia	5,91	4,61	6,04	6,21	5,67	3,86
Mean Germany	4,97	5,09	5,77	5,89	6,06	3,46
Median Russia	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	4,00
Median German.	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	4,00

	7. Suppl. involvement in new product planning process	8. Suppl. involvement in product quality planning	9. Cooperation to improve quality of suppl.	10. Cooperation to improve costs of suppl.	11. Cooperation to improve lead time of suppl.
Valid Russia	57	57	57	57	57
Missing Russia	1	1	1	1	1
Valid Germany	35	35	35	35	35
Missing Germany	0	0	0	0	0
Mean Russia	4,16	4,93	4,37	3,12	4,65
Mean Germany	3,91	4,06	5,43	4,91	4,71
Median Russia	4,00	5,00	5,00	2,00	5,00
Median Germany	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00

1 = “strongly disagree”, 4=”neutral” and 7=”strongly agree”.

Table 2. Descriptive statistic for TQM-based supplier management in Russia and Germany

Differences between Russian and German organizations with respect to supplier management practices are not as huge as expected (Table 2). One of the explanations could be that many Russian organizations with young general managers and young employees took part in interviews (Table 1) and these managers are often oriented towards “Western” management practices.

The biggest differences between German and Russian firms concern responsibility of purchasing departments for quality of incoming goods, cooperation with suppliers to increase quality and to reduce costs (Table 2, Fig.1, Fig.2, Fig.3). Possible reasons for the stronger cooperation with suppliers might be that German firms rely on the foreign market and prefer to cooperate in the international market in order to be successful on international markets (Sattler et al., 2003). The tendency of a low degree of cooperation with suppliers is supported by Russian cultural frameworks as there is still mental influence of the communistic era, where supplier decided what they would sell and opportunities of process integration were limited (Михеева (Micheeva) and Сероштан (Seroschtan), 2009). Another reason might be that a lot of Russian organizations have suppliers in Europe, which could make it difficult for

Russian firms to cooperate with them due to distance, language, and cultural differences.

### CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH

The presented empirical results, the possible theoretical explanation and the scientific literature support the assumption, that the German national and organizational cultural framework creates a different basis for implementing TQM-based supplier management ideas successfully in comparison to the framework in Russia. The next research steps should explain how the national and organizational cultural frameworks differ from each other and if every framework is compatible to TQM ideas. It is important to use not only the national cultural characteristics of Hofstede and organizational cultural characteristics and values of the GLOBE project, but to develop and to measure organizational cultural characteristics, which could significantly influence the TQM-based supplier management and the applied TQM practices. If cultural frameworks will appear to be inconsistent with TQM values, it is of high interest if a company should try to change the organizational culture to achieve TQM compatibility or to find their own way to success? In our future research, we want to broaden the knowledge about linkages between national culture, organizational culture, and the acceptance of TQM-based supplier management. We also want to further analyze the impact of TQM on organizational performance in countries with different cultural frameworks.

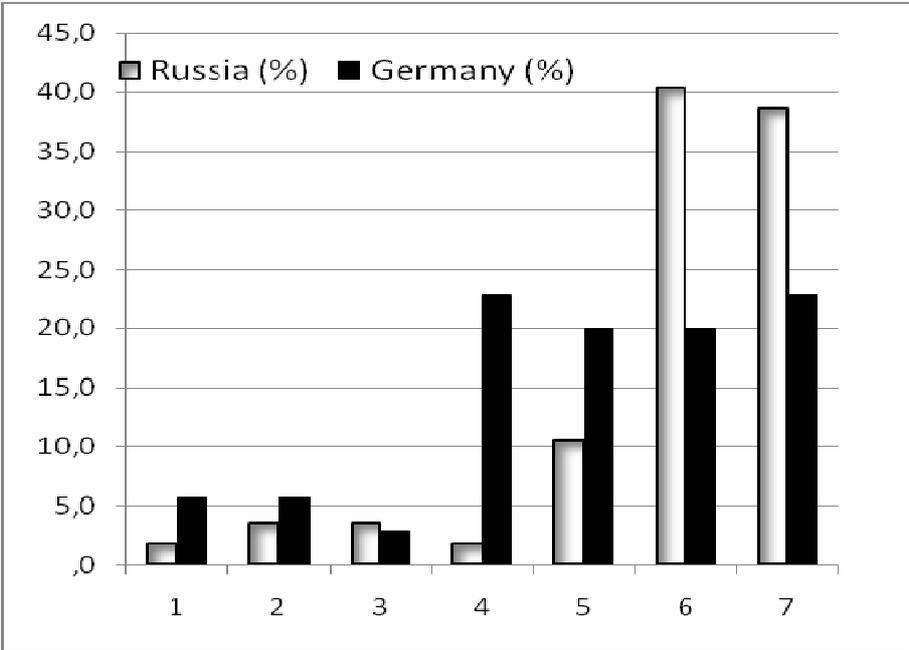


Fig.1 purchasing department is responsible for quality of incoming goods. 1 = “strongly disagree”, 4=”neutral” and 7=”strongly agree”.

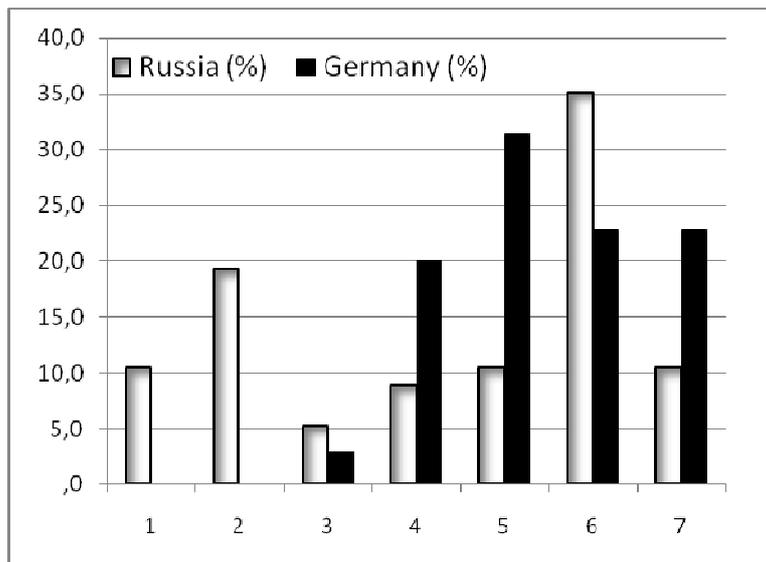


Fig.2 Cooperation with suppliers to help them improve their quality. 1 = "strongly disagree", 4="neutral" and 7="strongly agree".

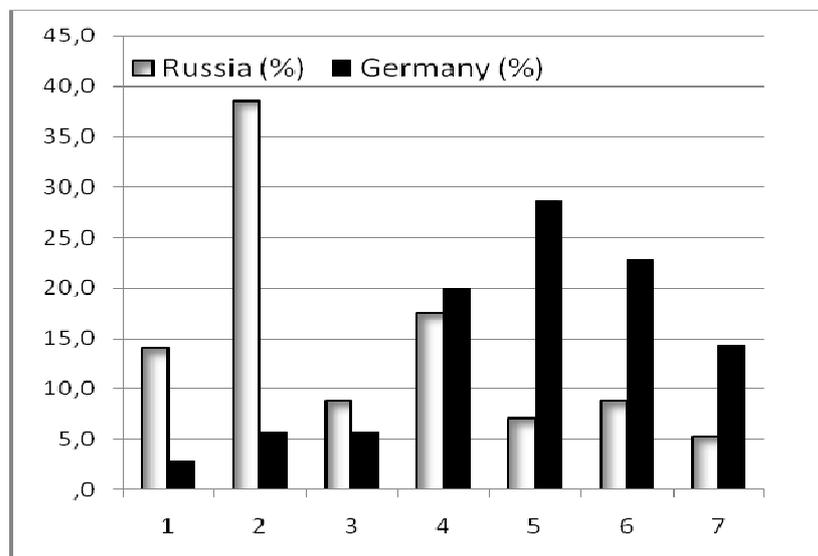


Fig.3 Cooperation with suppliers to help them to improve their costs. 1 = "strongly disagree", 4="neutral" and 7="strongly agree".

## REFERENCES

1. Crosby, Ph.B.: Qualität bringt Gewinn, Übersetzung durch Huisgen H., McGraw-Hill Book Company GmbH, Hamburg, 1986. (Originalausgabe: Crosby Ph.B.: Quality is free. The art of making quality certain, 1979).
2. Curkovic, S. / Vickery, S. / Droge, C.: Quality-related action programs: their impact on quality performance and firm performance. *Decision Sciences* 31 (4), 2000, p.885-905.
3. Deming, W.E.: Quality, productivity, and competitive position, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, USA, 1982.
4. Deming, W.E.: Out of the crisis, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, USA, 1986.
5. Feigenbaum, A.V.: Total Quality Control, McGraw-Hill Book Company, USA, 1983, 3. Edition.
6. Flynn, B.B. / Saladin, B.: Relevance of Baldrige constructs in an international context: a study of national culture, in: *Journal of Operations Management*, 24, 2006, p. 583-603.

7. Foster Jr., S. T.: Towards an understanding of supply chain quality management, in: *Journal of Operations Management*, 26, 2008, p.461-467
8. Kaynak, H.: The relationship between total quality management practices and their effects on firm performance, in: *Journal of Operations Management* (Vol. 21, No 4), 2003, p. 405-435.
9. Kaynak, H. / Hartley, J.L.: A replication and extension of quality management into the supply chain, in: *Journal of Operations Management* (26), 2008, p. 468 – 489
10. Lin, C. / Chow, W.S. / Madu, C. N. / Kuie, C.H. / Yu, P.P.: A structural equation model of supply chain quality management and organizational performance, in: *International Journal of Production Economics*, 96, 2005, p.335-365
11. Mehra, S. / Hoffman, J.M. / Danilo, S.: TQM as a management strategy for the next Millenium, in: *International Journal of Operations and Production Management*, 21, 2001, p. 855-876
12. Михеева, Е.Н. / Сероштан, М.В. (Micheeva, E.N. / Seroschtan, M.V.): Управление качеством, учебник. Москва. 2009.
13. Olhager, J. / Selldin, E.: Supply chain management survey of Swedish manufacturing firms, in: *International Journal of Production Economics*, 89, 2004, p. 353-361
14. Powell, T.C.: Total quality management as competitive advantage: a review and empirical study, in: *Strategic Management Journal*, 16 (1), 1995, p.15-27.
15. Polychronakis, Y.E. / Syntetos, A.A., “Soft” supplier management relates issues: An empirical investigation, in: *International Journal of Production Economics*, 106, 2007, p. 431-449
16. Rao, S.S. / Raghunathan, T.S. / Solis, L.E.: Does ISO 9000 have an effect on quality management practices? An international empirical study, in: *Total Quality Management* 8 (6), 1997, p. 335–346.
17. Rothlauf, J.: *Total Quality Management in Theorie und Praxis. Zum ganzheitlichen Unternehmensverständnis*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München, 2.Auflage, 2004.
18. Samson, D. / Terziovski, M.: The relationship between total quality management practices and operational performance, in: *Journal of Operations Management*, 17 (4), 1999, p. 393–409.
19. Saraph, J.V. / Benson, P.G. / Schroeder, R.G.: An Instrument for Measuring the Critical Factors of Quality Management, in: *Decision Sciences* (Vol. 20, No.4), 1989, p. 810-829.
20. Sattler, H. / Schrader, S. / Lüthje, C.: Informal cooperation in the US and Germany: cooperative managerial capitalism vs. competitive managerial capitalism in information trading, in: *International Business Review*, 12, 2003, p. 273-295.
21. Sila I. / Ebrahimpour, M.: Examination and Comparison of the critical factors of TQM across countries, in: *International Journal of Production Research* (41 (2)), 2003, p. 235-268.
22. Sila, I.: Examining the effects of contextual factors on TQM and performance through the lens of organizational theories: an empirical study, in: *Journal of Operations Management* (25), 2007, p. 83-109.
23. Shin, H. / Collier, D.A., Wilson, D.D.: Supply management orientation and supplier/ buyer performance, in: *Journal of Operations Management*, 2002, 18, p.317-333.
24. Solis, L.E. / Raghunathan, T.S. / Rao, S.S.: A regional study of quality management infrastructure practices in USA and Mexico, in: *International Journal of Quality and Reliability Management*, 17 (6), 2000, p. 597–614.
25. Sousa, R. / Voss, C.A.: Quality Management revisited: a reflective review and agenda for future research, in: *Journal of operations management* 20 (1), 2002, p. 91-109.
26. Sun, H. / Cheng, T.-K.: comparing reasons, practices and effects of ISO 9000 certification and TQM implementation in Norwegian SMEs and large firms, in: *International small business Journal*, 20 (4), 2002, p. 421-441.
27. Tan, K.C. / Lyman, S.B. / Wisner, J.D.: Supply Chain Management: A strategic perspective, in: *International Journal of Operations and Production Management*, 22, 2002, p. 614-631
28. Yeung, A. C. L.: Strategic Supply Management, Quality Initiatives and Organizational Performance, in: *Journal of Operations Management*, 26, No. 4, 2008, p. 490-502.
29. [http://www.nist.gov/baldrige/publications/business\\_nonprofit\\_criteria.cfm](http://www.nist.gov/baldrige/publications/business_nonprofit_criteria.cfm), from 10.05.2011

# ГЛОБАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Д.А. Журавлев<sup>1</sup>, Г.Г. Левкин<sup>2</sup>

*1 - Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

*2 - Омский государственный университет путей сообщения*

*zhuravlev\_dmitry@yahoo.de*

В настоящее время компании все чаще работают с поставщиками и покупателями из разных частей света. Продукты, которые они проектируют и производят, поставляются по всему миру. В результате SCM приобретает все большее значение и для мирового сообщества, в то же время конкурентная борьба ведется не между фирмами, а цепями поставок. Однако с приходом глобализации корпоративное планирование оказалось под усиленным влиянием сетей распределения, в центре внимания которых оказался уже не продукт, а *ценность* покупателя. Рассмотрение логистических систем с точки зрения донесения ценности посредством децентрализованных систем управления сетями поставок и переход на централизацию управления глобальной сетью представляет интерес данной статьи.

## GLOBAL SUPPLY NETWORKS MANAGEMENT

**Dmitry Zhuravlev, Grigory Lewkin**

*Saint Petersburg State Polytechnical University*

*Omsk State Transport University*

*E-mails: zhuravlev\_dmitry@yahoo.de*

*lewkin\_gr@rambler.ru*

At present companies more often work with suppliers and customers from different parts of the world. Products which they design and produce are delivered worldwide. As a result SCM assume increasing significance for the world community, at the same time competitive fighting is carried out not between companies but supply chains. However with globalization arrival corporate planning turned out to be under strengthen influence of distribution networks, in the focus of attention of which not a product but customer value occurred. Considering of logistic systems from the point of view of value conveying by means of supply networks decentralized control systems and global network control centralization adoption is of interest of this article.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Сокращение неопределенности и рисков в структуре поставок, минимизация интегральных затрат и повышение уровня обслуживания конечных потребителей стало основой формирования единой сетевой философии, объединившей маркетинг, логистику, операционный и

стратегический менеджмент в рамках концепции управления цепями поставок (Supply Chain Management, SCM) [1]. Многочисленные исследователи указывают на стратегический уровень данной концепции и, в основном, придерживаются следующего определения управления цепями поставок [2]: систематическая, стратегическая координация традиционных бизнес-функций («закупки», «снабжение», «физическое товародвижение»), выполняемых над материальным потоком, внутри определенной компании и за ее пределами для улучшения долгосрочных показателей, как каждой отдельной компании, так и цепи поставок в целом. При этом улучшение долгосрочных показателей предполагает:

а) *минимизацию собственных издержек* за счет координации и интеграции ключевых бизнес-функций в компании (внутренняя цель концепции в традиционном рассмотрении),

б) *повышение ценности предложения* за счет удовлетворения уникальных потребностей заказчиков (внешняя цель концепции).

## **ПОДХОД И ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ПОСТАВОК**

Повышенный интерес экономических структур к управлению цепями поставок приводит не только к росту количества публикаций и исследований, но и к возникновению широкого спектра мнений по данному вопросу, при этом теория применения концепции на международных рынках явным образом не представлена. Также и практика российских компаний отстает от западной, не все инструменты управления используются, как, впрочем, и сама концепция внедрена очень ограниченным числом компаний. Однако растущая глобализация, в частности, взаимодействие с западными компаниями, а также отечественный интерес к исследованиям концепции способствуют сокращению данного разрыва.

Сегодня как сама концепция управления цепями поставок, так и программные SCM-решения охватывают гораздо более широкий спектр проблем, чем в начале своего формирования. В результате появления SCM-продуктов нового поколения к системам управления цепочками поставок уже относят все бизнес-приложения, ориентированные на выработку стратегии, координацию процессов планирования и организацию управления в сфере снабжения, производства, складирования и доставки товаров конечному потребителю.

В центре внимания исследований, проведенных в начале 1990-х гг. в области SCM находились вопросы минимизации транзакционных издержек при взаимодействии «покупатель – поставщик». Затем компании изменили свои взгляды и отдали приоритет более *отношенческому подходу* в SCM, согласно которому важнейшие ресурсы фирмы могут простираться за ее границы и быть встроены в межфирменные ресурсы и

рутины. Отношения, возникающие между фирмами, стали чрезвычайно важной единицей анализа для понимания конкурентных преимуществ компаний [3]:

- (1) отношенческо-специфические активы;
- (2) рутины, обеспечивающие обмен знаниями;
- (3) комплементарные ресурсы и способности компании;
- (4) эффективные механизмы управления.

В настоящее время компании все чаще работают с поставщиками и покупателями из разных частей света. Продукты, которые они проектируют и производят, поставляются по всему миру. В результате SCM приобретает все большее значение и для современных многонациональных корпораций. Стоит в данном аспекте заметить, что конкурентная борьба уже ведется не между фирмами, а между цепями поставок. Это объясняется следующим образом: насколько продукт или услуга важны для фирмы, настолько и правильно реализуемая стратегия SCM может помочь компании в создании устойчивого конкурентного преимущества. Однако с приходом глобализации корпоративное планирование оказалось под усиленным влиянием сетей распределения, в центре внимания которых оказался уже не продукт, а *ценность* для покупателя. Сложные глобальные цепи поставок должны были выйти за рамки собственно доставки ценности до потребителя и уже включать в себя отслеживание за движением продукции вдоль каналов распределения и ее безопасностью с учетом оценки условий и рисков соответственно. Компании сделали акцент на сетях формирования ценности, которые основаны на создании прочных альянсов наряду со значительной вертикальной и горизонтальной интеграцией. В данном контексте целесообразно было бы выделить как отдельные процессы:

а) межфункциональную логистическую координацию – согласование деятельности подразделений предприятия для повышения эффективности функционирования отдельной логистической системы,

б) межорганизационную логистическую координацию – упорядочение, согласование работы предприятий-партнёров в интегрированной логистической системе для достижения целей всех цепей и сети, где в рамках горизонтальной логистической координации происходит взаимодействие предприятий, находящихся на одном уровне в логистической сети; вертикальная же координация означает согласованное функционирование организаций, представляющих разные уровни логистических цепей.

Развитие теории и практики управления цепями поставок, таким образом, стало развиваться по следующим сценариям:

- 1) усложнение инструментария управления цепями поставок;
- 2) формирование структуры сетей поставок, повышение эффективности за счет интеграции цепей поставок;

3) маркетинговый подход к управлению цепями поставок, формирование ценности;

4) глобализация управления сетями поставок.

Организация коммерческой деятельности на этапах сбыта продукции по системам SCM в рамках глобальных систем поставок может включать множество собственных или сторонних производственных объектов, а также несколько центров сквозного складирования и оптовых баз, которые также могут участвовать в отложенном создании добавленной стоимости. Планирование и управление такими сложными системами поставок требует применения инновационных информационно-коммуникационных технологий. Но что более важно, эта задача требует четкого разделения сфер ответственности и продуманного соотношения спроса (прогнозируемые и фактические продажи) и реальных возможностей всей внешней сети. В работах отечественных ученых тема управления логистической сетью в глобальном понимании не достаточно разработана, ввиду того, что подход к рассмотрению логистических цепей (классический SCM) представлен как вертикально интегрированная система и рассматривается с точки зрения исключительно централизации управления. Так анализ конкурентно-способности страны, проводимый М.Портером в 2006 году, определил основные проблемы государства в ее односторонней сырьевой направленности и наличии массы вертикально интегрированных компаний [4]. В то же время логистические системы глобального уровня, представляющие собой сети поставок, не могут быть централизованы. Основным резерв в развитии и формировании логистических систем на международном уровне скрывается именно в сетевых структурах, а вопрос оптимального распределения ответственности вдоль сети, взаимосвязь *удаленной централизации* и *децентрализации* управления выходит на первый план.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЯМИ ПОСТАВОК**

Логистическая деятельность в экономике выходит за рамки одного предприятия, выстраивая логистические цепи создания и образования стоимости товарно-материальных ценностей [5]. Понятие «логистическая цепь» является ключевым для логистики. Логистическая цепь с точки зрения управления поставками представляет собой всю последовательность операций, реализация которых обеспечивает возможность сквозного продвижения материального потока: от первичного источника сырья (превращая сырьё в готовую продукцию) вплоть до конечного потребителя (через систему продаж готовой продукции).

Управление цепью поставок в современной западной литературе базируется на интеграции ключевых процессов товародвижения, включая такие, как: управление спросом; управление взаимоотношениями с

потребителями, своевременное выполнение заказов и качественное обслуживание потребителей по всей интегрированной цепи поставок; управление закупками, производством, дистрибуцией; дизайном продукта и его доведением до коммерческого использования; управление возвратными материальными потоками. Идея управления цепями поставок ориентирована на решение вопросов интеграции участников товародвижения и отражает новое понимание их взаимодействия в цепи поставок, где участники цепи рассматриваются как некоторые центры логистической деятельности, прямо или косвенно связанные в едином интегрированном процессе управления товаропотоками для наиболее полного и качественного удовлетворения покупателей в соответствии с их специфическими потребностями и целями бизнеса.

Логистические системы предприятий, функционирующие ныне на отечественном рынке, расширяются до масштабов глобальных моделей, осуществляющих свою деятельность в рамках мировой экономики, и, соответственно, должны изменяться и подходы к управлению поставками материальных ресурсов в таких системах. Трансформация логистики выражается в том, что, с одной стороны, в проектируемых цепях поставок предприятия выступают как свободные, независимые субъекты актов купли-продажи, а с другой стороны, эти предприятия не могут рассматриваться изолированно друг от друга. Их деятельность теперь оценивается в контексте эффективного функционирования всей цепи поставок. Такая цепь способна удерживать в единой связке различные предприятия, регионы и страны.

Интегрируя понятие цепи поставок на внешний рынок, можно отметить, что в условиях всеобщей глобализации координация участников цепи значительно затрудняется. Несмотря на схожие требования к проведению продукции вдоль всего канала, контроль данных каналов становится более сложным в процессном плане, система превращается в глобальную сеть децентрализованного характера управления, а в последствии может централизовать управление удаленно. Так формирование логистической системы предприятия на международном уровне выполняется двумя последовательными способами:

а) разработка системы распределения на основе каналов, уже имеющих на внешнем рынке, что представляет собой начальный этап развития системы (децентрализованный характер управления системой сетей поставок);

б) разработка схемы корпоративной сети: складов, систем транспортировки, представительств и т.п., что представляет собой оптимизацию системы, продолжая свое развитие при благоприятных условиях (удаленная централизация управления глобальными сетями поставок).

Сеть – более широкое понятие и предполагает взаимодействие всего множества партнёров, взаимосвязанных материальными и связанными с ними другими потоками. Поскольку каждый партнёр в логистической цепи может быть связан с несколькими другими партнёрами, то правильнее говорить о проектировании именно логистической сети поставок. В составе такой сети с многочисленными возможными взаимосвязями партнёров по поставкам находится структура - «двигатель», фокусная компания, координирующая все процессы, связанные с движением материальных и сопровождающих их других потоков. В горизонтальном плане в сеть интегрированы информационные потоки, которые в то же время инициируют возникновение материального потока в четкой последовательности, но с небольшим разрывом по времени ввиду дискретности поступления информации и обратной связи соответственно. Логистическая система пересматривается с точки зрения сети, состоящей из организаций, которые направляют в фокусную компанию (центр сети) товары и получают товары от неё, решают задачи осуществления поставки товаров клиентам до первого уровня и обратно, от первого до второго и т.д.. Сеть описывает более сложную, чем логистическая цепь, структуру, в которой организации имеют перекрёстные связи для управления своими бизнес-функциями.

Функционирование логистических сетей зависит от постоянной координации между участниками логистического процесса, которые могут быть не связаны между собой административно. В этом случае работают принципы кооперации. Элементы логистической сети могут также преобразовываться в логистические цепи путем заключения договоров. Доминирующее положение таких сетей на рынке не имеет ничего общего с монополией, так как сеть – не организация, а множество организаций, находящихся между собой как в отношениях кооперации, так и в отношениях конкуренции. За счет увеличения количества контактов между участниками логистического процесса появляется возможность своевременного разрешения проблем физического товародвижения и оперативности всей логистической системы. Каждое звено отвечает за свой этап более полно, при этом появляется возможность развивать взаимозаменяющие звенья сети, которые в условиях внутренней конкуренции будут заинтересованы в предоставлении услуг своего уровня более качественно и быстро. По мнению экономиста М. Портера конкурентоспособность компании, во многом, определяется конкурентоспособностью её экономического окружения, которая, в свою очередь, зависит от базовых условий соотношения продукта к ресурсу и конкуренции внутри самой сети [4]. В таком случае логистическая сеть и цепь функционируют последовательно сменяя друг друга. Оптимизация взаимодействия и функционирования не отдельных вариантов цепи, а всей

сетевой структуры в то же время увеличивает *синергетический эффект* классического системного подхода в логистической системе.

На основе анализа места и роли логистических сетей в логистической системе можно сделать следующие основные выводы [6]:

– эффективному развитию функционирования международного бизнеса способствует формирование логистических сетей;

– существует устойчивая тенденция к активизации сетевых объединений, наиболее полно решающих задачи обеспечения рыночной адаптивности;

– многовариантность управленческих решений при формировании логистических сетей (подборе параметров, обосновании их конфигурации, определении видов и форм специализации и т. д.) делает актуальным выбор наилучших с учетом параметров бизнеса, условий конкурентной активности и тенденций изменения всей внешней среды.

1. Макаров В.М. Логистика. Управление запасами в логистических системах. Учебное пособие, СПб.: Изд. СПбГПУ, 2006

2. Кирюков С.И., Кротов К.В. Развитие концепции управления цепями поставок: маркетинговый подход. Вестник СПбГУ. Сер.8 2007 Вып.4

3. Дж. Х. Дайер, Х. Сингх ; пер. с англ. Е. А. Архиповой, М. А. Сторчевого // Российский журнал менеджмента. - 2009. - Т. 7, N 3. - С. 65-94 : 1 рис., 1 табл. - Библиогр.: с. 89-94. ISSN 1729-7427

4. Porter M. E., Kramer M. R. Strategy and Society: The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility // Harvard Business Review, 006

5. И.Д. Афанасенко. Управление логистической цепью как сетью. СПб.; Изд-во СПбГУЭФ, 2006.

6. Ковбас А. П. Предпринимательские сети как форма интеграции и развития бизнеса / АРООО «ВЭО» России. – Астрахань, 2005

# ПРЕДПОСЫЛКИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ УЧАСТНИКОВ АВТОМОБИЛЬНОГО РЫНКА

В.И. Михайлов

*Санкт-Петербургский Государственный Университет Экономики и  
Финансов  
modernalf@mail.ru*

В статье рассмотрены вопросы взаимодействия автомобилестроительных компаний с другими участниками цепи поставок. Проанализированы основные причины и факторы, влияющие на образование и формирование стратегических партнерств и альянсов в автомобилестроительной отрасли. Обоснована эффективность интеграции, как способа повышения конкурентоспособности предприятия.

## PRECONDITIONS FOR LOGISTIC INTEGRATION OF SUPPLY CHAIN PARTNERS IN AUTOMOBILE INDUSTRY

**Vitaly Mikhailov**

*Saint-Petersburg State University of Economics and finance  
E-mail: modernalf@mail.ru*

The research of automobile industry has showed that rising requirements of customer satisfaction has necessitated a review of the means of interaction between participants in the supply chain. In response to these changes, the direction for cooperation and partnerships has extended logistic upstream to suppliers, by creating long-term relationships. The main reasons which influence on the development of integration processes and competitive advantages of cooperation are represented in the article.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Сегодня автомобилестроение является одной из ведущих отраслей мировой экономики, выступая движущей силой развития других отраслей промышленности, стимулируя развитие новых технологий и обеспечивая высокую занятость населения. Около 400 тыс. рабочих мест организовано в компаниях – производителях автомобилей и комплектующих, около 1 млн. – в зависимых и дилерских компаниях. Это 0,6% от общего трудоспособного населения страны [6, с.91]

Кроме того производство автомобилей осуществляется в тесной кооперации с предприятиями других отраслей промышленности. Благодаря мультипликативному эффекту автомобилестроение России

обеспечивает в смежных отраслях дополнительную занятость порядка 4,5 млн. человек. [2,с.4]

Современная автомобилестроительная компания – это, прежде всего, комплекс взаимосвязанных предприятий, узкоспециализированных на производстве высокотехнологичных комплектующих, от качества и сроков поставки которых зависит качество готового автомобиля. Для производителя автомобилей типичной является ситуация, при которой расходы на закупку материалов составляют 85% от стоимости готового изделия. При этом 70% качества автомобилей обеспечивается поставщиками комплектующих изделий и узлов и лишь 30% качества создается в процессе конвейерной сборки. В соответствии же с исследованиями М.Кристофера около 12% стоимости материалов, приобретаемых производителем автомобилей, составляют логистические издержки поставщика. [4,с.274]. Главным аргументом в пользу интеграции для автопроизводителя является возможность привлекать ресурсы и конкурентные преимущества других участников цепи поставок, не ограничиваясь собственными ресурсами компании. Под интеграцией и интегрированным управлением в данном случае следует понимать управление всеми экономическими и информационными потоками как единым целым по общим для всей системы критериям, обеспечивающих четкое взаимодействие и согласованность всех функциональных структур цепи поставок. [5]

Именно поэтому, стратегической целью современных автомобилестроительных заводов является построение взаимодействия с поставщиками, которое бы обеспечивало конкурентные преимущества, как автопроизводителю, так и всем контрагентам цепи поставок, а основной целью интеграции является переход от краткосрочных отношений противостояния «покупатель – поставщик» в долгосрочное сотрудничество, основанное на взаимном доверии, когда качество, инновации и совместно созданная стоимость будут гармонично дополнять конкурентную цену.

## **ПРИЧИНЫ ИНТЕГРАЦИИ**

### *Временные факторы*

В условиях быстро меняющихся предпочтений конечного потребителя, в процессе логистического обслуживания, одним из наиболее важных критериев сегодня становится время. Именно время выхода на рынок новых автомобильных брендов, способность качественно и в установленные сроки удовлетворять требованиям потребителей определяют положение автомобилестроительной компании в отрасли. Интеграция обеспечивает сокращение времени на обработку заказа и само движение товарного потока, тем самым повышая эффективность

логистических операций и увеличивая прибыль компании. Концепция сжатия времени сосредотачивает свои усилия на том, как компании использует время для быстрого реагирования на изменяющиеся требования потребителей и усиливает целостную структуру предприятия. Сокращение времени в процессе интеграции участников логистической цепи достигается за счет:

- упрощения процессов и устранения сложных процессов, не создающих ценности
- стандартизации процессов,
- одновременного функционирования процессов, с переходом от последовательной к параллельной работе, используя различные формы процессной интеграции
- контроль и мониторинг процессов, выявляя проблемные участки и применяя корректирующие меры уже на раннем этапе.
- автоматизации процессов, применяемых для улучшения эффективности и действенности мероприятий в рамках технологической цепочки поставок;

#### *Экономические факторы*

Специфика взаимодействия участников цепей поставок в автомобильной промышленности требует организации работы по производственным графикам поставок. В случае если автомобили собирают под заказ клиента, планирование производства опирается на производственный график, где планируется необходимое количество ресурсов и комплектующих для сборки определенного количества автомобилей. Соответственно все поставщики комплектующих также вовлекаются в процесс выполнения заказа по согласованному графику.

Глобализация, стремление мировых лидеров автомобилестроения развивать и продвигать свою продукцию на локальных рынках развивающихся стран создает предпосылки для активного взаимодействия с поставщиками комплектующих с целью достижения синергетического эффекта от комбинации взаимодополняющих ресурсов, что позволяет получить более высокую рентабельность и создать большую стоимость.

Мотивы вступления в интегрированную структуру определяются тем, что фирма может агрегировать, разделять и обменивать ценные ресурсы с другими фирмами в тех случаях, когда эти ресурсы нельзя получить посредством рыночных трансакций или в результате поглощений и слияний. [4].

Глобально взаимосвязанная цепь поставок усиливает конкурентные преимущества автопроизводителя, создавая дополнительные барьеры для выхода новых игроков на рынок, одновременно усиливая собственные конкурентные преимущества.

### *Технологические факторы*

Автомобилестроение – одна из самых динамично развивающихся отраслей промышленности, где уровень использования инноваций, технологической наполненности автомобиля во многом определяет решение потребителя в выборе предпочтений той или иной марки. Совместные усилия и интеграция с поставщиками позволяют добиться существенных конкурентных преимуществ в приоритетных направлениях технологического развития. С одной стороны, совместные программы инновационного развития усиливают подчиненность поставщика интересам вертикально интегрированной структуры, с другой стороны, повышается заинтересованность контрагента в проведении собственных НИОКР. Дело в том, что поставщик сохраняет существенную автономию, даже если автопроизводитель владеет частью акций поставщика, поэтому заинтересован вкладывать средства в развитие новых технологий. Это обеспечит ему преимущества при ведении переговоров с фокусной компанией о разделе прибыли. Именно интеграция, партнерство с поставщиками в разработке и внедрении инновационных технологий по направлениям, которые не относятся к зоне компетенции автопроизводителя, позволяют снизить издержки и риски нововведений. За счет этого можно сократить время доведения инновационных технологических преобразований до конечной реализации на рынке.

### *Информационные факторы*

Быстрое развитие интернет технологий наряду с возрастающей популярностью персональных компьютеров предоставляет организация возможность использовать сравнительно недорогие средства интеграции информационных систем на всех этапах цепочки поставок.

Взаимодействие с большим количеством контрагентов, а также необходимость консолидации поступающей информации создает для автопроизводителей дополнительные издержки, в силу многократной обработки информации, которая зачастую приводит к сокращению передаваемой информации, неточности и недостоверности передаваемых данных и как следствие к сбоям в цепи поставок.

Совместное планирование подразумевает электронную интеграцию на всех уровнях: на стратегическом, тактическом и операционном. Таким образом, электронная интеграция позволяет достичь прозрачности отношений со всеми участниками цепи поставок.

Информационная интеграция позволяет достичь следующих преимуществ: - процессы, которые охватывают две или более компаний, становятся более интегрированными, а значит, и более простыми, стандартными, быстрыми и определенными.

- информация передается быстро и структурированной, является доступной для всех участников цепи поставок. Все пользователи знают, где искать последние обновления данных.
- все партнеры цепи поставок несут большую ответственность в отношении совместных планов и задач. Изменения в производственную программу вносятся более внимательно и сразу же видны всем другим участникам.
- За счет достижения информационной открытости, улучшается качество обслуживания клиентов, снижается совокупный уровень запасов, улучшается оперативное прогнозирование спроса.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, можно сделать вывод, что современное развитие рыночных отношений предполагает создание таких условий сотрудничества и интеграции, при которых повышается конкурентоспособность каждого участника цепи поставок, увеличивается производительность путем обмена технологиями, разделяется ответственность в достижении конечных результатов, что приводит к общему процветанию, как автопроизводителя, так и поставщиков комплектующих. Длительное взаимодействие сторон, заинтересованных в сотрудничестве усиливают стремления предприятий поддерживать репутацию надежных партнеров. Подводя итог, можно выделить следующие основные преимущества интеграции:

- непосредственно влияет на развитие соответствующей логистической инфраструктуры и формирование инновационных процессов в процессе взаимодействия поставщиков в цепях поставок
- способствует структуризации системы управления предприятием, что повышает конкурентоспособность каждого участника цепи поставок.
- позволяет добиться взаимодействия с поставщиками в режиме реального времени
- сокращает совокупные издержки цепи поставок по организации движения материалопотоков, тем самым снижая себестоимость выпускаемого автомобиля.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гаррисон А. Логистика. Стратегия управления и конкурентирования через цепочки поставок. М.: Дело и Сервис, 2010. – 368 с.
2. Грицюк М. Выедет ли наш грузовик из кризиса? // Российская газета. – 10 августа 2009. - № 4970 (146). – с.4
3. Королев В.И, Королева Е.В. Предпосылки образования и формы развития стратегических альянсов / Менеджмент в России и за рубежом. - 2010 - № 3. – с.36-44.
4. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок. Пер. с англ.- СПб.: Питер, 2004. 316с.
5. Проценко И.О., Гарнов А.П. Логистика и управление цепями поставок: концептуальные и стратегические аспекты. – М.: ГОУ ВПО «РАЭ им. Г.В. Плеханова», 2009 – 96 с.
6. Россия в цифрах.2010: Крат.ст.сб. / Росстат. – М., 2008

# **УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ КЛИЕНТА ПОСТАВЩИКОМ: СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АЛЬЯНСЫ В СОВРЕМЕННЫХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК**

Е.С. Суконкина

*Национальный Исследовательский Университет - Высшая Школа  
Экономики, Москва, РФ  
zhekalka@rambler.ru*

Как было бы прекрасно, если бы каждый раз, когда в вашем холодильнике заканчивались продукты, новые появлялись бы сами собой? В бизнес-среде – это технология VMI, которая все чаще организуемая поставщиками и их клиентами в различных цепях поставок. Основной целью данной статьи является разработка методологии описания VMI систем. Кроме того, в статье представлен взгляд автора на историю возникновения и развития рассматриваемой технологии и обзор ситуации на российском рынке.

## **VENDOR MANAGED INVENTORY: STRATEGIC PARTNERSHIPS IN MODERN SUPPLY CHAINS**

Eugenia Sukonkina

*National Research University – Higher School of Economics  
zhekalka@rambler.ru*

Just imagine how wonderful it could be if each time when food in your refrigerator was over, it was supplied by itself? In business environment, such a concept is implemented by Vendor Managed Inventory (VMI) approach. The primarily concern of this article is to provide readers with framework which will help to describe and analyze various VMI systems. Besides, author's opinion on the question of the historical roots of VMI technology and overview of the situation on the Russian market is represented in the article.

### **Важность интеграции в цепях поставок**

Цепь поставок является динамической системой, включающей в себя многие процессы по организации, планированию, контролю и регулированию. Начиная с закупки сырья и материалов для обеспечения производства товаров, и далее через производство и распределение, цепь поставок доводит товарный поток до конечного потребителя. При этом основной целью управления цепями поставок (SCM) в современных условиях ожесточившейся конкуренции, нестабильности глобальной экономики и постоянного роста потребительских ожиданий можно назвать

оптимизацию общих логистических издержек при одновременном предоставлении необходимого уровня сервиса в соответствии с требованиями рынка. В данных условиях совершенно очевидно, что для достижения столь амбициозной цели SCM также включает в себя координацию и сотрудничество с партнерами по цепи поставок.

Так утверждает теория, однако, практика зачастую показывает противоположные тенденции. В обычной ситуации продавец и покупатель в цепи поставок пытаются оптимизировать свои собственные операции независимо.

Всем хорошо известно, насколько трудно внедрить в практику бизнеса новые непривычные для многих технологии управления. Бизнес зачастую оказывается весьма консервативным. Тем более это трудно в случае, когда инновации охватывают несколько юридически независимых контрагентов. Здесь даже перспективные предложения могут восприниматься партнерами как попытка оказать на них давление, а желание скрыть информацию о собственных процессах, в свою очередь, побеждает стремление к конструктивному взаимодействию. Это приводит к неэффективным действиям всей цепи, отражающимся, в том числе, на избыточном уровне товарных запасов. Издержки подобного подхода ложатся на потребителя, растет конечная цена товара. В результате вся цепь поставок проигрывает в конкурентной борьбе.

Вышеприведенная аргументация доказывает, что стратегические альянсы в цепи поставок крайне важны, поскольку каждая сторона в них стремится не только к собственной краткосрочной выгоде, но и способствует получению долгосрочных результатов всей цепи.

Одним из вариантов организации подобных стратегических альянсов является внедрение технологии Vendor-Managed Inventory (далее VMI), являющейся по своей сути вертикальной кооперацией потребителей с поставщиками в области управления запасами [Сергеев В.И. и др., 2011].

### **Определение технологии VMI и история ее возникновения**

Свои истоки технология VMI берет в более раннем подходе быстрого реагирования Quick Response (QR), который был реализован во взаимодействии контрагентов розничной торговли товаров массового потребления и их поставщиков [Tyan and Wee, 2003]. Благодаря интенсивной конкуренции, развившейся в текстильной индустрии, лидеры рынка готового платья США в 1984 году организовали профессиональный союз под названием “Crafted with Pride in the USA Council” [Lummus and Vokurka, 1999], в рамках которого был произведен анализ существующих практик управления цепями поставок. Данный анализ показал, что длительность полного цикла в индустрии от сырья и материалов до конечного потребителя составляет 66 недель, 40 из которых изделия проводят на складах или в транзите. В целях сокращения цикла, а также

оптимизации издержек, связанных с товарными запасами, и был разработан подход QR.

Стратегия подхода QR предполагает, что розница и их поставщики работают сообща с целью быстрого удовлетворения требований потребителей за счет совместного использования доступной информации. В рамках QR поставщики получают данные о конечных продажах (POS) розницы и используют их для синхронизации собственного производства и подхода к контролю товарных запасов с фактическими тенденциями потребления. Розничная торговля все еще сама принимает решения о пополнении товарных запасов, однако, используя данные POS, поставщик получает возможность осуществлять более эффективное прогнозирование спроса, а, следовательно, и более оптимальное планирование производства. Одним из пионеров применения подхода Quick Response Schonberger [1996] называет компанию Milliken and Company, специализирующуюся в текстильной и химической промышленности. Результатом применения QR в данной компании стало сокращение цикла с 18 до 3 недель.

Подобно тому, как дела обстояли в текстильной промышленности, в начале 1980-х годов лидеры рынка бакалейной продукции организовали инициативную группу по изучению возможных конкурентных преимуществ собственной цепи поставок. Результатом их работы стала концепция эффективного реагирования на запросы потребителей (Efficient Consumer Response – ECR), которая доказывала, что совместное управление информацией позволяет дистрибьюторам и их поставщикам в разы более эффективно прогнозировать спрос, чем в текущей ситуации.

Далее, из концепции ECR выросла программа непрерывного пополнения товарных запасов (Continuous Replenishment Program – CRP), которая являлась переходом от выталкивающих технологий (push) к вытягивающим (pull). Согласно программе CRP поставщики получают данные о продажах и используют их для подготовки поставок с заранее оговоренным интервалом в целях поддержания определенного уровня товарных запасов. Vergin и Barr [1999] утверждают, что CRP имела широкий успех среди участников рынка бакалейной продукции. Так, производители, участвовавшие в исследовании, достигли 30-процентного сокращения уровня товарных запасов, при одновременном сокращении случаев нехватки продукции (OOS) в среднем на 55%.

Лучшие стороны подходов QR, ECR и CRP объединились позднее в технологии VMI. В литературе можно найти огромное количество разнообразных определений сути технологии. Например, Kuk (2004) определяет VMI как технологию, согласно которой поставщик берет на себя ответственность отслеживания и пополнения уровня товарных запасов у клиента. Lysons и Gillingham [2003], в свою очередь, говорят о VMI, как о практике в рамках концепции «Точно в срок» (JIT), согласно

которой решения об уровне инвентаря в цепи поставок принимаются централизованно производителем или дистрибьютором. Кроме того, множество альтернативных определений дано в работах Harrison и Hoek [2005], а также у Hines *et al.* [2000], поскольку основной задачей их исследований была выработка единой терминологии в сфере VMI.

В то время как определения систем VMI отличаются друг от друга, они все подчеркивают *переход владения процессами планирования спроса и управления необходимым уровнем товарных запасов от клиента к поставщику*. В условиях применения технологии VMI поставщик контролирует уровень товарных запасов у клиента таким образом, чтобы поддерживать заранее оговоренный и зафиксированный уровень сервиса. В подобных обстоятельствах поставщик принимает решения о пополнении запасов у потребителя, самостоятельно определяя время и количество товара, которое необходимо отправить [Waller *et al.*, 1999]. Соответственно, заказов от клиента к поставщику более не поступает.

Классической историей успеха внедрения VMI является кейс таких международных игроков, как Procter&Gamble и Wal-Mart. В 1985 году стратегический альянс данных компаний существенно повысил процент своевременных доставок P&G, а также продажи Wal-Mart. При этом у обеих компаний вырос показатель оборачиваемости запасов [Buzzell and Ortmeyer, 1995]. Kmart последовал примеру товарищей по рынку и к 1992 году организовал VMI с более чем 200 своими поставщиками [Schonberger, 1996]. Кроме розничной торговли, VMI внедряется также лидирующими компаниями химической промышленности (Shell Chemical, Campbell Soap, Johnson&Johnson) с целью повышения эффективности цепей поставок и укрепления взаимоотношений с потребителями и поставщиками [Challener, 2000]. Участники рынка высоких технологий, такие как Dell, HP и ST Microelectronics с помощью VMI технологии сокращают уровень товарных запасов и, следовательно, общие логистические издержки [Baljko, 1999; Shah, 2002]. На сегодняшний день, технология VMI в той или иной своей конфигурации присутствует во многих мировых индустриях.

### **Ситуация на российском рынке**

В последнее время в России все большую популярность завоевывают методы прямого взаимодействия между ближайшими звеньями логистической цепи. Формальное определение технологии VMI известно, наверное, уже многим специалистам и практикам по управлению цепями поставок. Между тем зрелый практический опыт в данном направлении еще небогат. Можно пока что говорить в основном только о глобальных проектах, реализуемых в нашей стране крупными мировыми компаниями (такими как Danone, Nestle, P&G, Unilever и др.), чем о чисто российских инициативах.

Причин тому множество.

Во-первых, Россия имеет сложную структуру цепей поставок с большим количеством разнообразных игроков на традиционном рынке. К сожалению, не всегда производитель имеет возможность напрямую работать с предприятиями розничной торговли, особенно в восточной части страны. В результате, кроме производителей, розницы и провайдеров логистических услуг на рынке существует значительное количество промежуточных посредников – оптовиков и дистрибьюторов второго, третьего и более эшелонов. Как правило, это небольшие компании, недолго задерживающиеся на рынке, вкладываться в создание стратегических альянсов с которыми не имеет для производителей экономического смысла.

Во-вторых, не последнюю роль играет общая культура ведения бизнеса. Основные группы участников еще в значительной мере не готовы к партнерству – такому, когда каждая сторона стремилась бы оптимизировать запасы и одновременно способствовала бы решению данного вопроса в отношении своих контрагентов по цепи поставок. Вопрос вытеснения с рынка конкурента сегодня занимает внимание менеджмента значительно сильнее, чем попытки отладить взаимовыгодные отношения с партнерами по бизнесу.

В-третьих, недостаточное развитие информационных технологий в современном российском бизнесе зачастую не позволяет организовывать эффективное взаимодействие в рамках VMI системы.

Однако ситуация не столь печальна. Объективные тенденции рынка постепенно заставят компании преодолевать вышеописанные трудности. Так, если раньше в большинстве отраслей в основном имела место проблема учета материальных и финансовых потоков, то сейчас, по мере ее решения, а также по мере роста ассортимента товаров, их оборачиваемости и других параметров на одном из первых мест по критичности в цепях поставок выходят процессы планирования спроса. Поскольку недостаточно развиты механизмы контроля и синхронизации изменений в планах, процесс поставок разбалансирован.

В существующих условиях уже недостаточно планировать спрос на уровне линейной экстраполяции предыдущих продаж всего ассортимента на ожидаемый процент годового роста. Планируя спрос, сейчас необходимо учитывать долгосрочное влияние всех намеченных промо-акций, степень перекрестного влияния покупательского спроса одного товара на другой, способ выкладки его на полках, политику конкурентов и многое другое. Все это возможно только при условии стратегического взаимодействия покупателей и продавцов.

### **Методология описания VMI системы**

Как уже было отмечено нами ранее в данной статье, в настоящее время в различных индустриях и различных окружениях были внедрены и

успешно действуют большое количество разнообразных VMI систем, охватывающих богатый спектр компаний и продуктов.

Не удивительно, что даже среди VMI систем, внедренных на разных этапах цепей поставок одной и той же индустрии, одной и той же бизнес-среды, существуют заметные различия. Основными участниками типичной цепи поставок являются поставщики сырья и материалов, производители, дистрибьюторы, розничная торговля и логистические посредники. Так, VMI отношения между поставщиком сырья и материалов и производителем будут значительно отличаться от VMI отношений, сложившихся между, например, тем же производителем и розничной сетью или производителем и дистрибьютором. И, в первую очередь, потому, что цели организации подобных стратегических альянсов будут различными, и, как следствие, трудности на пути внедрения и эффективного функционирования тоже.

Соответственно, для того, чтобы мы могли изучать и описывать различные типы VMI систем, нам необходимо вначале разработать подход, позволяющий оценивать, категоризировать и сравнивать подобные системы.

В своей работе «Framework for characterizing the design of VMI systems» Elvander *et al.* [2007] приводят систему, состоящую из 4 основных кластеров, каждый из которых, в свою очередь, включает в себя несколько измерений. При этом каждый из кластеров важен сам по себе, и ни один из них не может рассматриваться как главенствующий, поскольку только грамотное их сочетание приводит к успеху всего предприятия.

Данный подход был разработан как на основе изучения теоретической базы, так и на основе исследования реальных VMI систем, и представляется нам наиболее полным и рациональным. Именно его с внесением некоторых модификаций мы используем в дальнейшем при описании бизнес-кейсов.

Итак, модифицированный подход, который мы планируем использовать при описании бизнес-кейсов, выглядит следующим образом:

1) Контроль уровня товарных запасов

а. *Место хранения товарных запасов.* Товарные запасы могут находиться как на центральном складе клиента, так и на нескольких локациях. Кроме того, возможен вариант, когда инвентарь находится на складе поставщика или 3PL провайдера.

б. *Политика снабжения.* Поставщик может осуществлять пополнение товарных запасов своего клиента, как с собственного склада, так и непосредственно с производственной линии.

с. *Право собственности на товарный запас* также выделяется в отдельный элемент, поскольку от того, кто им обладает, зависит то, кто несет издержки от иммобилизации ресурсов и риски, связанные с возможной порчей или утратой [Бродецкий Г.Л. и др., 2010].

## 2) Информационная поддержка

а. *Прозрачность спроса.* Данное измерение подразумевает тип информации о спросе, доступной поставщику для контроля уровня товарных запасов у своего клиента, а также, что не менее важно, насколько временной горизонт данной информации.

б. *Доступ к информации.* Здесь основной вопрос заключается в том, каким образом и как часто поставщик получает информацию о спросе и о текущем уровне товарных запасов у клиента.

с. *IT-архитектура.* Каким образом организована информационная поддержка VMI системы, с помощью каких информационных систем?

## 3) Принятие решений

а. *Модель управления товарными запасами* включает в себя алгоритм определения количества и времени заказа на пополнение запаса, а также логику расчета основных параметров модели, таких как объем будущей потребности, уровень страхового запаса и так далее.

б. *Лимиты уровня товарного запаса* определяют степень свободы поставщика при определении необходимого уровня товарного запаса у клиента. Например, в некоторых случаях клиент сам определяет максимально допустимый уровень запасов для поставщика, что может объясняться как некоторым недоверием со стороны клиента, так и обычным ограничением размером инфраструктурных мощностей.

с. *Принятие решения о пополнении.* Здесь важно то, кому принадлежит власть принятия подобного решения. Может ли поставщик самостоятельно пополнять запасы клиента или же каждый раз должен согласовывать свои расчеты с ним?

д. *Принятие решения об отгрузке.* Данное измерение отличается от предыдущего только тем, что здесь принимается решение о фактическом времени физической поставки, размеры которой были определены на предыдущем этапе.

## 4) Степень интеграции системы

а. *Уровень горизонтальной интеграции клиентов.* Может ли поставщик принимать во внимание потребность нескольких клиентов сразу при принятии решений контроля уровня товарных запасов и производственного планирования. Иными словами, обслуживает ли поставщик только одного VMI клиента в конкретный промежуток времени или же имеет возможность объединять нескольких из них?

б. *Уровень горизонтальной интеграции инвентарных позиций.* Включает ли в себя VMI система все номенклатурные позиции или отдельные инвентарные коды. Планируется ли пополнение товарных запасов для каждого SKU отдельно или же сразу для всех?

с. *Уровень вертикальной интеграции.* Какие ресурсы принимаются в расчет поставщиком при планировании уровня товарных запасов своего клиента? Используются ли только товарные запасы в наличии на складе

готовой продукции или же, также, уже имеющиеся запасы у клиента и собственные производственные мощности?

Каждое из описанных измерений четырех основных кластеров имеет свой набор возможных альтернатив, находящихся на определенном континууме. Если выстроить эти континуумы вертикально и для каждой VMI системы отметить точку на каждом из континуумов, соответствующую реальному положению дел, то можно получить некую кривую, характеризующую данную VMI систему и наглядно показывающую ее отличия от других систем. Кроме того, построение такой кривой поможет не только описать существующую систему, но и оценить ее соответствие лучшим практикам и уровень зрелости.

### **Список использованной литературы:**

1. Бродецкий Г.Л., Гусев Д.А., Елин Е.А. Управление рисками в логистике: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 192 с. – (Непрерывное профессиональное образование: Логистика)
2. Сергеев В.И. Логистика снабжения: учебник / В.И. Сергеев, И.П. Эльяшевич; под общей ред. д-ра экон. наук В.И. Сергеева. – М.: Рид Групп, 2011. – 416 с.
3. Baljko, J.L. (1999) Dell: VMI catalyst for cooperation. *Electronic Buyers' News*, 1176, pp. 1–2.
4. Buzzell, R.D., Ortmeyer, G. (1995) Channel partnerships streamline distribution. *Sloan Management Review*, 36, p. 85.
5. Challener, C. (2000) Taking the VMI step to collaborative commerce. *Chemical Market Reporter*, 258 (21), pp. 11–12.
6. Elvander, M., Sarpola, S., Mattson, S.-A. (2007) Framework for characterizing the design of VMI systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.37 No.10, pp. 782-798.
7. Harrison, A., van Hoek, R. (2005). *Logistics Management and Strategy*, 2nd Edition, Prentice Hall
8. Hines, P., Lamming, R., Cousins, P., Rich, N. (2000) *Value Stream Management: Strategy and Excellence in the Supply Chain*. Financial Times, Prentice Hall
9. Kuk, G. (2004) Effectiveness of vendor-managed inventory in the electronic industry: Determinants and outcomes. *Information and Management*, 41, pp. 645 – 654.
10. Lummus, R.R., Vokurka, R.J. (1999) Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines. *Industrial Management and Data Systems* 99 (1), pp. 11–17.
11. Lysosns, K., Gillingham, M. (2003). *Purchasing and Supply Chain Management*, 6th Edition, Prentice Hall.
12. Schonberger, R.J. (1996) Strategic collaboration: breaching the castle walls. *Business Horizons* 39, 20.
13. Tyan, J., Wee, H.-M. (2003) Vendor managed inventory: a survey of the Taiwanese grocery industry. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9, pp. 11-18.
14. Vergin, R.C., Barr, K. (1999) Building competitiveness in grocery supply through continuous replenishment planning: insights from the field. *Industrial Marketing Management*, 28, pp. 145–153.
15. Waller M., Johnson, M.E., Davis, T. (1999). Vendor managed inventory in the retail supply chain. *Journal of Business Logistics* 20 (1), pp. 183 – 203.

# PERFORMANCE COMPARISON OF ORDER POLICY CLASSES FOR MULTI-LOCATION INVENTORY SYSTEMS WITH LATERAL TRANSSHIPMENTS

**Peter Köchel**

*Chemnitz University of Technology*  
*E-Mail: pko@informatik.tu-chemnitz.de*

Multi-location inventory systems with lateral transshipments (MLIST) combine inventory control with logistics. We investigate  $(\sigma, S)$ -order policy classes that are characterized by a finite number of parameters. The question is whether there exists a policy class that dominates all others. We show that this is not the case for the considered numerical examples. Even more, for each class the expected cost are within 2 percent of the overall best policy.

## INTRODUCTION

Multi-location inventory systems with lateral transshipments (MLIST) exist in different areas, especially in complex logistic systems. To decrease both the overall cost and the required inventories necessary to reach given performance objectives virtual pooling of resources is a promising way. Thus shortages in one location can be eliminated by lateral transshipments from surplus locations. However this simple principle complicates considerably the search for an optimal control because to control an MLST embraces the definition of both an inventory policy for all locations *and* a reallocation policy of inventories on hand by lateral transshipments. The latter implies to solve an open transportation problem, which has at most an algorithmic solution. In the past there were various papers dealing with the structure of the optimal order policy and the cost function as well as with approximate solutions (See [3] to [6], [8]). Based on these structural results it makes sense to restrict the search for an optimal order policy to  $(\sigma, S)$ -policies. Such policies separate two state regions - states with an order and states without an order. Since the separation is defined by a hyperplane an exact calculation is not practicable. Therefore we concentrate to simple-structured policies with a few parameters. In [1] we introduced several policy classes, which approximate the  $(\sigma, S)$ -class. To simplify the search for an optimal inventory policy further it is interesting to know, if there exists a class that dominates the others. The aim of the present paper is to give a first answer to that question.

The remaining part of the paper is organized as follows. In Section 2 we briefly describe the model for the MLIST considered here and some results on the structure of the optimal control policies. The policy classes, which are considered, we introduce in Section 3. Section 4 comprises the description of our numerical experiments and the interpretation of the results. We also summarize here our findings and conclusions.

## THE MULTI-LOCATION INVENTORY SYSTEM

We assume  $N \geq 2$  locations storing the same product. The planning horizon is divided in periods for which we assume the following time order of events:

1. Ordering of product by an *ordering rule* (OR) at the beginning of the period, instantaneous delivery, calculation of ordering cost.
2. Realisation of the random demand and its satisfaction in each location.
3. Between locations reallocation of all rest inventories at the end of the period by a *transshipment rule* (TR) through instantaneous transshipments.
4. Calculation of transshipment, holding, and penalty costs.

We further assume that the demand is stationary and independent both over time and across locations, that backlogged demand will be satisfied in the following period, and that all cost functions are linear. Charges per item arise for ordering, holding inventory, and backlogged demand correspondingly with parameters  $k_i$ ,  $h_i$ ,  $p_i$  for location  $i$ ,  $i \in N = \{1, 2, \dots, N\}$ . The release of an order generates fixed cost of  $K \geq 0$ , independent of the ordered amount. Transshipping a single item from location  $i$  to location  $j$  generates cost  $c_{ij}$ ,  $i, j \in N$ ,  $i \neq j$ . The decision problem now is to find an optimal policy, i.e. a sequence of OR's and TR's, which minimizes the expected average cost over an infinite time horizon.

Let us start with the case  $K = 0$ . To avoid inefficient transshipments we introduce following conditions on the cost parameters with obvious economic meaning (See [3] or [8] for more details):

**Efficiency of Transshipments (ET)**       $c_{ij} := h_i + p_j - c_{ij} - k_i + k_j > 0$ ,  $i \in N$ ;

**Relative locations Independence (RI)**       $c_{ij} + h_j - h_i + k_i - k_j > 0$ ,  $i, j \in N$ ,  $i \neq j$ ;

**Shortest Way (SW)**       $c_{ir} + c_{rj} > c_{ij}$ ,  $i, j, r \in N$ ,  $i \neq j \neq r$ ;

**Self Ordering (SO)**       $k_i + c_{ij} > k_j$ ,  $i, j \in N$ ,  $i \neq j$ .

Let  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N) \in \mathbb{R}^N$ ,  $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_N) \geq \mathbf{x}$ ,  $\mathbf{d} = (d_1, d_2, \dots, d_N) \geq \mathbf{0} = (0, \dots, 0)$ , and  $\boldsymbol{\mu} = (\mu_1, \dots, \mu_N)$  denote the vector of starting inventory positions before ordering (*pre-ordering inventory levels*), the vector of inventory positions after ordering (*post-ordering inventory levels* or the order decision [OD]), the vector of demand realisations, and the vector of expected demands with  $0 < \mu_i < \infty$  for  $i \in N$  respectively.  $F(\cdot)$  and  $f(\cdot)$  denote the distribution resp. density function of the demand and  $F_i(\cdot)$  and  $f_i(\cdot)$  the distribution resp. density function of the demand in location  $i$ ,  $i \in N$ . Furthermore, let  $\mathbf{b} = (b_{ij})_{i, j \in N}$  denote a concrete transshipment decision (TD), where  $b_{ij}$  denotes the amount to be transhipped from location  $i$  to location  $j$ . For given pair  $(\mathbf{a}, \mathbf{d})$  let  $N^+$  and  $N^-$  be the sets of surplus and shortage locations, i.e.,  $N^+ = \{i \in N: a_i > d_i\}$  and  $N^- = \{i \in N: a_i < d_i\}$ . It holds [3].

**Property 1.** Let the assumptions (ET), (RI), (SW), and (SO) be fulfilled. Then the optimal TR chooses TD's  $\mathbf{b}^* = (b_{ij}^*)_{i, j \in N}$  with following characteristics:

- (i)  $b_{il}^* \cdot b_{lj}^* = 0$  ( $i, j, l \in N, i \neq j \neq l$ ), i.e., no location can both initiate and receive transshipments.
- (ii)  $b_{ij}^* = 0$  ( $i \in N, j \notin N, i \neq j$ ) and  $\sum_{i \in N^+} b_{ij}^* \leq \mathbf{d}_j - \mathbf{a}_j$  ( $j \in N^-$ ), i.e., there are no transshipments to locations without shortage and the total transshipments to a shortage location do not exceed the shortage.
- (iii)  $\sum_{i \in N^+} \sum_{j \in N^-} b_{ij}^* = \min[\sum_{i \in N^+} (\mathbf{a}_i + \mathbf{d}_i); \sum_{j \in N^-} (\mathbf{d}_j - \mathbf{a}_j)]$ , i.e., the total amount of transshipments is equal to the minimum of the total surplus inventory and the total shortages.

The expected average cost  $G(\mathbf{a})$  for given  $\mathbf{a}$  if we apply the *optimal* TR equals (cp. [3] or [8])

$$G(\mathbf{a}) = \sum_{i=1}^N k_i \mu_i + \sum_{i=1}^N L_i(a_i) - C(\mathbf{a}), \mathbf{a} \in R^N,$$

where

$$L_i(a) = (h_i + p_i) \int_0^{a^+} F_i(u) du + p_i(\mu_i - a), a \in R^1, i \in N,$$

represents the expected holding and penalty cost in location  $i$  with post-ordering inventory level  $a_i$  in an MLIST without transshipments, and

$$C(\mathbf{a}) = \int_{\mathbf{d} \geq \mathbf{0}} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} b_{ij}^* dF(\mathbf{d}), \mathbf{a} \in R^N.$$

represents for given order decision (OD)  $\mathbf{a}$  the maximal expected cost savings from transshipments. Since  $C_{ij} > 0$  by assumption (ET) we have  $C(\mathbf{a}) \geq 0, \mathbf{a} \in R^N$ . Thus for any  $\mathbf{a} \in R^N$  the cost for an MLIST with optimal transshipments do not exceed the cost for a system without transshipments, i.e., transshipments save costs under assumption (ET). The above defined MLIST;  $K = 0$  holds [3], [4]

### **Property 2.**

- a) Function  $G(\cdot)$  is convex in its arguments.
- b) Let assumptions (ET), (RI), (SW), and (SO) be fulfilled and let for the optimal OD  $\mathbf{a}^*$  hold  $\mathbf{a}^* \geq \mathbf{0}$ . Then the optimal OR is an order-up-to rule with order-up-to point  $\mathbf{a}^*$ , where  $\mathbf{a}^*$  is the global minimum point of function  $G(\cdot)$ .

We remark again that despite the Properties 1 and 2 generally there is no way to calculate  $C(\mathbf{a})$  for given  $\mathbf{a} \in R^N$ . Therefore,  $G(\mathbf{a})$  cannot be calculated and to find  $\mathbf{a}^*$  is illusory. These numerical difficulties will be sharpened in case of  $K > 0$ . One way is to restrict the search for efficient ORs to simple-structured rules, which can be described by a finite number of parameters. A promising approach is suggested in the following section.

## **ON SIMPLE-STRUCTURED ORDER POLICY CLASSES**

Let us consider an MLIST with fixed order cost factor  $K > 0$ . For such systems exist de facto no results on the optimal OR and TR, excluding [2], which considers a single period, two location MLIST. [2] shows that the optimal OR

has an extremely complicated structure. In addition to this we will have in practice rarely only two locations. Therefore the mathematically true optimum, if at all allocable, will lead to an OR not suited for practical acceptance. Hence good heuristic solutions will be the better decision. In the following we describe a way how to come to such solutions (cp. [7]).

First of all we use that optimal TR, which characteristics are described in Property 1. To get a meaningful OR we proceed on the following three facts:

- (1) From Property 2 we know that for the MLIST without fixed order cost the optimal OR is an order-up-to rule.
- (2) It is well known that in the single location model with fixed order cost part the optimal OR has an  $(s, S)$ -structure.
- (3) For the multi-product model with fixed ordering cost part the optimal OR has a  $(\sigma, S)$ -structure (see e.g. [10]).

In the light of these facts we recommend to use a  $(\sigma, S)$ -OR. Let  $\sigma \subseteq \mathbf{R}^N$  be a subset of  $\mathbf{R}^N$ ,  $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^N$  be a vector of pre-ordering inventory levels, and  $\mathbf{S} \in \mathbf{R}^N$  an order-up-to vector. Then a  $(\sigma, S)$ -OR chooses the vector  $\mathbf{a} \in \mathbf{R}^N$  of post-ordering inventory levels according to the following rule (cp. Figure 1)

**IF**  $\mathbf{x} \in \sigma$       **THEN**  $\mathbf{a} := \mathbf{S}$       {OR orders up to  $\mathbf{S}$ }  
                          **ELSE**  $\mathbf{a} := \mathbf{x}$ .      {OR does not order}

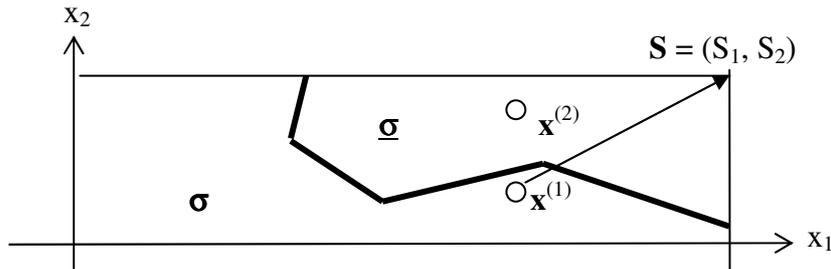


Figure 1. Action principle of a  $(\sigma, S)$ -ordering rule

Therefore an optimal OR consists of an optimal order-up-to vector  $\mathbf{S}^*$  and the optimal order region  $\sigma^* \subseteq \mathbf{R}^N$ . But, first we do not have an analytical expression for performance measure  $G(\mathbf{a})$ , and second, to calculate set  $\sigma^*$  respectively its border line (the bold part in Fig. 1) is generally impossible. The first problem we overcome by simulation. To solve the second problem we remark that from the definition of a  $(\sigma, S)$ -OR follows  $\sigma^* = \{\mathbf{x} \in \mathbf{R}^N : K + G(\mathbf{S}^*) < G(\mathbf{x})\}$ . The convexity property of  $G(\cdot)$  implies that the set  $\underline{\sigma}^* := \{\mathbf{x} \in \mathbf{R}^N : \mathbf{x} \leq \mathbf{S}^*\} \setminus \sigma^*$  is a convex set. The idea suggest itself to approximate set  $\sigma^*$  by order regions  $\hat{\sigma}$  for which the set  $\hat{\sigma}$  is convex. For instance, the rectangular class (R-class) of order regions (cp. Fig.2) is described by a vector  $\mathbf{s} \in \mathbf{R}^N$ , i.e., by  $N$  parameters  $s_1$  to  $s_N$ . For each  $\mathbf{s} \in \mathbf{R}^N$  the order region is given as

$$\sigma_R(\mathbf{s}, \mathbf{S}) = \{\mathbf{x} \notin \underline{\sigma}(\mathbf{s})\} = \{\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N) \leq \mathbf{S} : x_1 \leq s_1 \vee x_2 \leq s_2 \vee \dots \vee x_N \leq s_N\}.$$

The resulting OR is simple and easy to implement. However, it still remains the problem to calculate an optimal parameter vector  $\mathbf{s}^*$ ?

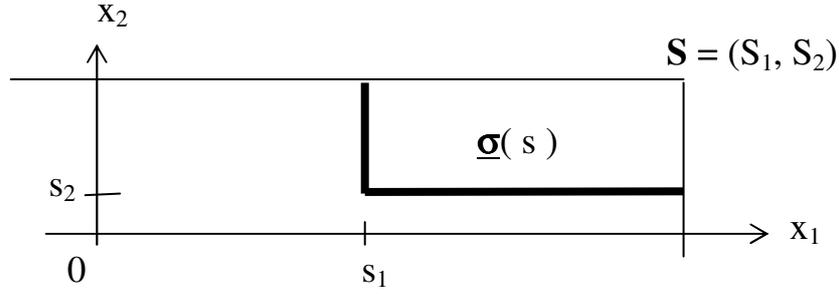


Figure 2. Principle of a rectangular order rule

In a similar way we can define other classes. Here we consider the ellipse, circle, and triangular classes. The ellipse class (E-class) is the most general here considered OR classes. An instance of an E-class OR is characterised by  $3N$  parameters – order-up-to point  $\mathbf{S}$ , centre point  $\mathbf{M}$  of the ellipse and the  $N$  radiuses  $r_1$  to  $r_N$ , i.e.,

$$\sigma_E(\mathbf{S}, \mathbf{M}, \mathbf{r}) = \left\{ \mathbf{x} \leq \mathbf{S} : \frac{(x_1 - M_1)^2}{(r_1)^2} + \dots + \frac{(x_N - M_N)^2}{(r_N)^2} > 1 \right\}.$$

As a special case of the E-class, when  $r_1 = \dots = r_N = r$ , we get the circle class (C-class) with order region

$$\sigma_C(\mathbf{S}, \mathbf{M}, r) = \left\{ \mathbf{x} \leq \mathbf{S} : \sum_{i=1}^N (x_i - M_i)^2 > r^2 \right\}.$$

For the triangular class (T-class) holds (cp. Fig.3)  $\sigma_T(\mathbf{S}, \mathbf{s}) = \left\{ \mathbf{x} \leq \mathbf{S} : \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{s_i} < 1 \right\}$ .

All order regions are described by their class type and a parameter vector  $\boldsymbol{\theta}$ . Hence the problem to find an optimal order region is reduced to the problem to choose a policy class, to find for that class an optimal vector  $\boldsymbol{\theta}^*$ , to compare all best class solutions, and finally to take the best of them.

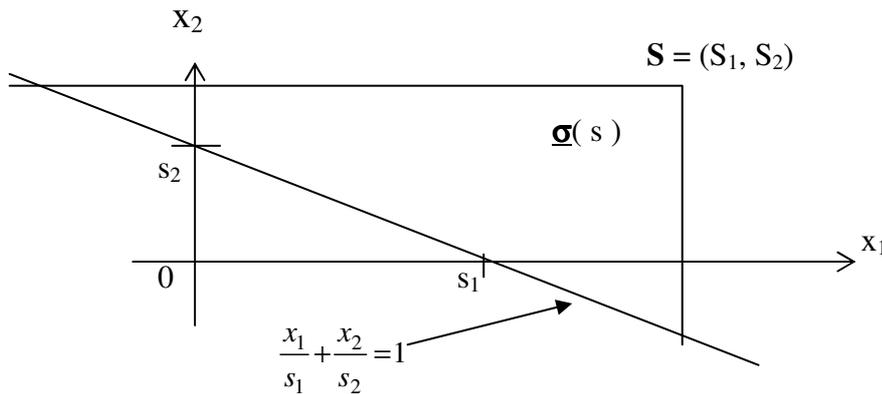


Figure 3. Principle of a triangular order rule

To solve the corresponding optimisation problems we apply simulation optimization. Therefore we need a simulator for the MLIST and an optimizer to find optimal solutions. The simulation algorithm is outlined in Fig.4.

- INPUT:** Number  $N$  of locations and  $T$  of periods to simulate; cost parameters; demand parameters; initial inventory  $\mathbf{x}(1)$ ; OR-class with parameter vector  $\boldsymbol{\theta}$ .
1. **INITIALISATION:**  $t := 1; x_i := x_i(1), i=1..N$ .
  2. **OD:** Calculation of post-ordering inventories and ordering cost
 
$$a_i := \begin{cases} S_i, & x \in \sigma(\boldsymbol{\theta}) \\ x_i, & \text{else} \end{cases} \quad \text{respectively} \quad G_{order}(t) := \begin{cases} K + \sum_{i=1}^N k_i \cdot (S_i - x_i), & x \in \sigma(\boldsymbol{\theta}) \\ 0, & \text{else} \end{cases}.$$
  3. **DEMAND** realisation:  $\mathbf{d} = (d_1, d_2, \dots, d_M)$ .
  4. **TD:** Optimal reallocation  $\mathbf{b}^* = (b_{ij}^*)$  and calculation of transshipment cost
 
$$G_{trans}(t) := \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N c_{ij} \cdot b_{ij}^*,$$
 calculation of post-transshipment inventory levels
 
$$x_i := \begin{cases} a_i - d_i - \sum_{j=1}^N b_{ij}^*, & d_i \leq a_i; \\ a_i - d_i + \sum_{j=1}^N b_{ji}^*, & d_i > a_i, \end{cases}$$
 and inventory cost
 
$$G_{inv}(t) := \sum_{i=1}^N \left[ h_i \cdot \max(0; a_i - d_i - \sum_{j=1}^N b_{ij}^*) + p_i \cdot \max(0; d_i - a_i - \sum_{j=1}^N b_{ji}^*) \right].$$
  5. **STOPPING CRITERION:** IF ( $t = T$ ) THEN (go to OUTPUT)  
ELSE ( $t := t+1$  and go to step 2).
- OUTPUT:** Estimation  $G_{av}(\boldsymbol{\theta}) := 1/T \cdot \sum_{t=1}^T [G_{order}(t) + G_{trans}(t) + G_{inv}(t)]$ .

Figure 4. Algorithm MLIST-SIMULATION

Preliminary investigations of three optimizers, Genetic Algorithm (GA), Simulated Annealing (SA), and a hybrid method (HM), led to the choice of HM as best suited. The HM starts with a GA with 50 individuals and elitism. After 5000 generations the GA returns five individuals – the respective best in the 20<sup>th</sup>, 500<sup>th</sup>, 1000<sup>th</sup>, 5000<sup>th</sup> generation, and the global best. Each of these individuals is further improved by SA. To save computing time there were defined suitable values for some parameters of the optimization procedure. For detailed information on all optimization procedures see [7], [9].

## NUMERICAL EXPERIMENTATION

In a diploma thesis [9] is realized a set of numerical experiments for an MLIST with 3 and 10 locations. Because of the similar results for both cases we restrict our explanation to the 3-location MLIST. The basic 224 experiments in [9] result from four demand distributions (exponential, normal, lognormal, and uniform) with two expectations (100 and 500), seven  $K$ -values (0, 10, 50, 100, 500, 1000, 2000), and four OR-classes (R-, C-, E-, and T-class). The values for the cost parameters (we use the vector notation) are  $\mathbf{h} = (2, 3, 2)$ ,  $\mathbf{p} = (9, 10, 10)$ ,

$\mathbf{k} = (0, 0, 0)$ , and  $c = \begin{bmatrix} - & 8 & 7 \\ 5 & - & 6 \\ 7 & 6 & - \end{bmatrix}$ . To estimate for given  $\mathbf{a} \in R^3$  the average

expected cost  $G(\mathbf{a})$  we use algorithm MLIST-SIMULATION from Fig.4 with  $T = 100\ 000$  periods. Table 1 contains average cost estimations after simulation optimization, applied to the MLIST with above defined parameters and with identical in all locations distribution. The bold italic elements indicate that the OR behind these cost is a proper  $(\sigma, \mathbf{S})$ -OR. To save place we have omitted the parameters of the individual ORs. The full description of these experiments and their results can be found in [9]. What can be deduced from Table 1?

First of all, the hypothesis that there exists a dominating OR-class couldn't be proved. Dependent on the demand distribution, the mean of the demand, and  $K$  we found different classes as the best. For instance, for the exponential distribution with mean 100 and small  $K$ -values the T-class is dominant, whereas for  $K = 2\ 000$  always the E-class is the best, excluding the case  $N(500, 22\ 500)$ .

$K$	Exponential with $\mu = 100$				N(100, 900)			
	R-class	C-class	E-class	T-class	R-class	C-class	E-class	T-class
0	893,15	893,02	893,57	893,16	238,67	238,81	238,56	238,67
10	903,15	903,02	903,57	903,16	248,67	248,81	248,56	248,67
50	943,15	943,02	943,57	<b>940,82</b>	288,67	288,81	288,56	288,67
100	993,15	993,02	993,57	<b>992,11</b>	338,67	338,81	338,56	338,67
500	1286,15	<b>1278,80</b>	<b>1279,46</b>	<b>1279,40</b>	738,67	738,81	738,56	<b>738,52</b>
1000	<b>1649,85</b>	<b>1537,35</b>	<b>1538,27</b>	<b>1539,54</b>	1080,04	<b>1077,25</b>	<b>1075,38</b>	<b>1075,64</b>
2000	<b>1953,77</b>	<b>1920,81</b>	<b>1918,97</b>	<b>1920,81</b>	<b>1556,59</b>	<b>1567,79</b>	<b>1543,53</b>	<b>1544,15</b>
$K$	Exponential with $\mu = 500$				N(500, 22 500)			
	R-class	C-class	E-class	T-class	R-class	C-class	E-class	T-class
0	4464,46	4464,32	4464,41	<b>4476,56</b>	<b>1193,26</b>	1193,73	1192,94	<b>1193,29</b>
10	4474,46	4474,32	4474,41	<b>4485,15</b>	<b>1203,26</b>	1203,73	1202,94	<b>1203,29</b>
50	4514,46	<b>4514,02</b>	4514,41	<b>4523,89</b>	<b>1243,26</b>	1243,73	1242,94	<b>1243,29</b>
100	4565,59	<b>4563,65</b>	4564,41	<b>4570,78</b>	<b>1293,26</b>	1293,73	1292,93	<b>1293,14</b>
500	<b>4943,43</b>	<b>4938,60</b>	<b>4939,33</b>	<b>4964,27</b>	<b>1693,26</b>	1693,73	1692,93	<b>1693,19</b>
1000	<b>5367,59</b>	<b>5365,40</b>	<b>5351,62</b>	<b>5366,57</b>	<b>2193,26</b>	2193,73	2192,93	<b>2193,12</b>
2000	<b>6106,06</b>	<b>6077,98</b>	<b>6075,74</b>	<b>6090,39</b>	<b>3193,26</b>	3193,73	3192,93	<b>3192,58</b>

**Table 1:** Optimization results for exponentially and normally distributed demand

Moreover, for small  $K$ -values we have cost differences between all classes of less than 0.5%. For very big  $K$ -values the R-class seems to be the worst but still within the 2% limit. These small differences are a consequence of the transshipments as well as of the probable flat behavior of the goal function  $G(\cdot)$  nearby its optimum. In this connection we point out that in fact we minimize  $G_{av}(\boldsymbol{\theta})$  from Fig. 4 with respect to  $\boldsymbol{\theta}$ . But function  $G_{av}(\cdot)$  has a multitude of local

optima with small cost differences. Thus behind similar values in Table 1 hide sometimes very different parameters  $\theta$ .

Secondly, for a great domain of  $K$ -values the  $(\sigma, \mathbf{S})$ -ORs degenerate to an  $(\mathbf{S}, \mathbf{S})$ -OR. That domain depends on the demand distribution and the variation coefficient. We should remark that the optimizer finds parameter values for which the no-order region seems to be absurd, e.g. for the C-class in the exponential distribution case with  $\mu = 500$  (cp. Table 2). Here the set  $\underline{\sigma}$  of no-order points cuts out from set  $\{\mathbf{x}: \mathbf{x} \leq \mathbf{S}\}$  a subset, which does not contain a given region around point  $\mathbf{S}$ . However, since the average demand is 500 (and  $\sigma = 150$ ) during the 100 000 simulation runs the pre-ordering inventory levels only seldom will fall into those no-order regions and therefore such absurd regions do not have an important influence on the average cost. With such phenomena one will be faced when using such optimizers as a GA. Therefore it is exceedingly important to interpret the results of the optimizer right and in context to the application problem.

$S_1$	$S_2$	$S_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$r$
756,78	699,35	856,60	577,24	953,26	285,30	259,17

**Table 2:** C-class OR parameters for  $K = 10$  under exponential distribution with  $\mu = 500$

Thirdly, the considered OR-classes differ in two respects – applicability and number of parameters. Most complicated class is the E-class, which is described by  $3N$  parameters. The R- and T-classes have  $2N$  parameters and the C-class  $2N+1$  parameter. Since we applied the same optimizer HM to all classes it is most likely that a longer optimization time will lead to a better E-class OR. But for application best suited are the R-class and the T-class.

Fourthly, the final solution for an OR-class depends on the concrete application conditions. The core factors, which will influence this decision, are the number of locations, the cost parameters, and the demand characteristics.

Fifthly, we want to remark, that the simulation optimization approach is generally applicable, i.e., to an arbitrary number of locations with different demand distributions and cost coefficients. But, without a fine-tuning of all parameters of the simulation as well as the optimization process the results will have less significance. Therefore previous simulation and optimization runs are exceedingly important. But this is another self-contained problem.

We conclude with the statement that more extensive investigations are necessary to give an answer to the question: Does a dominating OR-class exist at least among the here considered or not?

### 3. LITERATUR

1. Herer, Y., Rashit, A., 1995. Lateral Stock Transshipments in a Two-location Inventory System. Proceed. of the 13<sup>th</sup> Int. Conf. on Prod. Res., Jerusalem 1995, 593-595.

2. Köchel, P., 1982. A dynamic multi-location inventory model with transshipments between locations (In German). *Mathematische Operationsforschung und Statistik, Serie Optimisation* 13, 267-286.
3. Köchel, P., 1988. Optimal adaptive inventory control for a multi-location model with redistribution. *Optimization* 19, 525-537.
4. Köchel, P., 1998. A survey on multi-location inventory models with lateral transshipments. In: Papachristos, S., Ganas, I. (Eds.), *Inventory modelling in production and supply chains, Research Papers of the Third ISIR Summer School, Ioannina, Greece*, 183-207.
5. Küenle, H.-U. (1986). *Stochastic games and decision models* (In German). Teubner Texte zur Mathematik 89, Leipzig.
6. Köchel, P., 2006. On approximate solutions for multi-location inventory systems with lateral transshipments. In Ivanov, D., Kuhn, A., Lukinsky, V. (eds.): *Logistics, Supply Chain Management and Information Technologies, Proceedings of the German-Russian Logistics Workshop Saint Petersburg, 20-21 April, 2006*, 143-151
7. Köchel, P., 2009. *Simulation Optimisation: Approaches, Examples, and Experiences*. Technical Report CSR-09-03. Chemnitz University of Technology (available at <http://www.tu-chemnitz.de/informatik/service/if-berichte/index.php>)
8. Köchel, P., 2011. Models and Approaches to Control Multi-Location Inventory Systems with Lateral Transshipments. In Gobsch, B., Käschel, J., Vörös, J. (eds.): *Supply Chain and Corporate Environmental Management*, Verlag Dr. Kovač, Hamburg 2011, 111-136
9. Kutz, M., 2010. *Optimal control of a multi-location inventory model with lateral transshipments through simulation and evolutionary methods* (In German). Diploma Thesis, Chemnitz University of Technology.
10. Küenle, H.-U., 1986. *Stochastic games and decision models* (In German). Teubner Texte zur Mathematik 89, Leipzig.

# COST-EFFICIENT STORAGE STRATEGIES FOR A FOODSERVICE TRADING COMPANY

R. Lasch, S. Saeuberlich

*TU Dresden*  
*rainer.lasch@tu-dresden.de*

Keywords: Capacitated Lot Sizing Problem; Single Level Uncapacitated Lot Sizing Problem

## Abstract

The purpose of the paper is to develop a dynamic optimisation model for a German foodservice trading company to determine cost-efficient storage strategies within the existing distribution structure. The objective is to redesign the specific processes of inbound logistics by defining cost-efficient storage strategies for all articles for sale within a given planning period in order to achieve potential cost savings. The developed two-step approach based on dynamic optimisation is implemented into the company's operational EDP system.

The paper focuses primarily on the procedures of the applied methodology and its relation to calculate cost-efficient storage strategies.

## INITIAL SITUATION

The foodservice trading company studied is specialised in delivering foodstuffs to commercial clients. The distribution structure within Germany consists of 14 regional warehouses and two central warehouses, one each for the northern and southern areas. The overall assortment comprises about 15,000 goods, which are divided into four merchandise groups:

- frozen foods,
- dry goods,
- fresh foods, and
- chemical goods.

In addition, modern meat processing centres were built in both central warehouses to supply the regional warehouses on a daily basis.

The physical flow of material can be roughly described as follows:

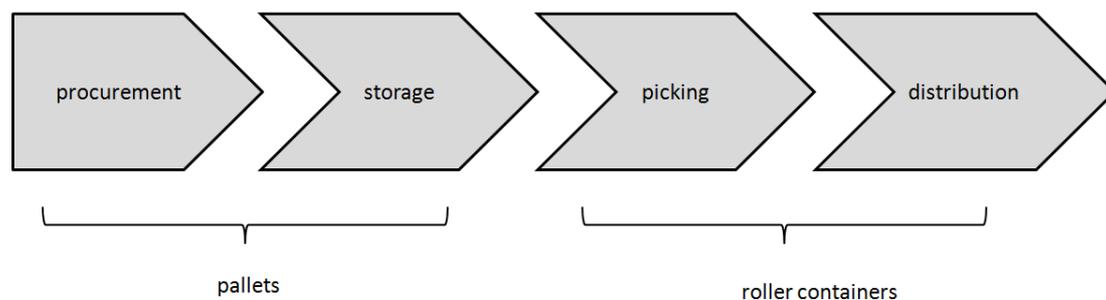


Figure 1: The physical flow of material

After receipt of goods the items are subsequently stored - whereby the pallet locations are organised by EDP assisted storage place allocation. The transition to the processes of picking and packing is characterised by a change of auxiliary loading devices. After receiving the client orders, the ordered sales units are manually loaded by packers into roller containers and parked in separated tour boxes, from where the drivers will load them onto the trucks.

If the items are delivered from the central warehouses, the storage of those elements within the process chain will be omitted. The sales units are already packed by the warehouse material handling division and condensed according to the existing client orders. The delivery to the regional warehouses is organised just in time for delivery (see Figure 2):

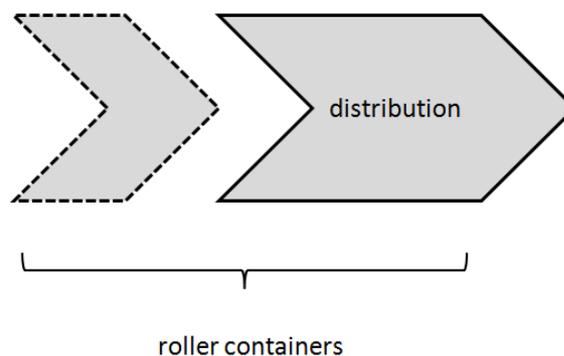


Figure 2: Secondary flow of material

After receiving the delivery from the central warehouse, the delivered goods are distributed according to the existing client orders using the corresponding tour boxes.

The calculation of the order quantities delivered from the suppliers was based on the average demand of the commercial customers for a period of eight weeks. Due to minimum purchase quantities, the deliveries to the regional warehouses resulted in high disposal costs for perishable products. The objective of the paper is to develop new cost-efficient storage strategies by achieving bundling effects through integration of the central warehouses. The total costs of the storage strategies comprise storage costs, fixed order costs, and the disposal costs for perishable products. These new cost-efficient storage strategies are based on the consideration of central and/or regional procurement strategies. To determine cost-minimal storage strategies for various articles for sale within a given planning period, a two-step approach based on dynamic optimization models is suggested.

Within the first step only the regional warehouses are considered. Due to the fact that the regional warehouses have limited capacities, the determination of the cost-minimal order lot sizes is formulated as a dynamic capacitated lot sizing

problem (CLSP). The traditional CLSP is expanded by integrating the following constraints:

- For every article for sale the required minimum purchase quantities must be fulfilled.
- The period between two consecutive order points of an article is limited by its minimum durability, i.e. its agreed remaining life to maturity.

Within the scope of the regional storage strategies this modified CLSP is used to determine cost-minimal order lot sizes based on sales figures of the last eight periods. The solvability of the resulting modified CLSP renders more difficulties because this problem belongs to the class of NP-hard problems. A heuristic solution is proposed based on a modified Dixon/Silver approach.

Step two examines centralized storage strategies and the resulting total costs are compared with the total costs of the decentralized regional storage strategies of step one. If an article for sale is delivered from the supplier to the central warehouse, the additional transportation costs from the central warehouse to the regional warehouses have to be considered. Because of the dimensioning of central warehouses, no capacity constraints must be taken into account. Therefore, the determination of the order lot sizes for every article for sale can be formulated as a single-level uncapacitated lot sizing problem (SLULSP). The SLULSP is also referred to as the Wagner-Whitin problem. Analogously to the CLSP in step one, also the traditional Wagner-Whitin problems must be expanded by the required minimum purchase quantities and the minimum durability of the articles for sale. The resulting modified Wagner-Whitin problem is solved exactly using a shortest-path algorithm. The total costs for the centralized storage strategies consists of storage costs, fixed order costs, transportation costs between central warehouse and regional warehouses, and disposal costs for perishable products.

For articles for sale stored in the central warehouse, no inventories exist in the regional warehouses. If  $N$  regional warehouse are considered, then  $2^N$  different storage scenarios (centralized vs. decentralized) have to be examined. The comparison of the resulting total costs of the decentralized and centralized storage strategies specifies the cost-minimal storage strategy for every article for sale.

## **REGIONAL WAREHOUSE MODEL**

The calculation of batch sizes for regional warehouses is based on the following assumptions. Given a planning horizon of  $T(t = 1, \dots, T)$  periods, the known net demand of sales item  $i$  must always be provided at the beginning of any period. Procurement times for goods are ignored because only resulting costs shall be included and the resulting warehousing locations shall be determined.

Shortages within the model are not permitted and the net demand of a sales item has to be completely satisfied. Within the period  $t$  the overall available number of pallet storage locations  $\kappa_t$  must not be exceeded.

In its general form, this problem can be formulated as a dynamic **Capacitated Lot Sizing Problem (CLSP)** [cf. Tempelmeier (2006), p. 165 f.]. With regard to the given operational situation, it has to be extended by additional essential restrictions. Therefore, the decision making model can be formulated as follows:

$$\text{Min } K = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (L_{i,t} \cdot kl_i + kb_i \cdot y_{i,t}) \quad (3.1)$$

s. t.

$$L_{i,t} = L_{i,t-1} + x_{i,t} - B_{i,t} \quad \forall i \in I, \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (3.2)$$

$$L_{i,1} = 0 \quad \forall i \in I \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=1}^I pc_i \cdot L_{i,t} \leq \kappa_t \quad \forall t \in T \quad (3.4)$$

$$pc_i \cdot x_{i,t} - moa_i \cdot y_{i,t} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (3.5)$$

$$x_{i,t} - y_{i,t} \cdot \sum_{\tau=t}^{t+od_i} B_{i,\tau} \leq 0 \quad \forall i \in I, \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (3.6)$$

$$\sum_{\tau=t}^{t+od_i} y_{i,\tau} \geq 1 \quad \forall i \in I, \forall 1 \leq t + od_i \leq T \quad (3.7)$$

$$y_{i,t} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (3.8)$$

$$x_{i,t} \geq 0 \text{ integer value} \quad \forall i \in I, \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (3.9)$$

The objective function 3.1 minimizes the storage costs and fixed ordering costs. The binary variable  $y_{i,t}$  is equal to 1 if the sales item  $i$  is ordered in period  $t$ . For all order quantities  $x_{i,t}$  larger than zero, the value 1 for  $y_{i,t}$  is forced. Otherwise, constraint (3.6) is not fulfilled.

Constraint (3.2) represents the stock balancing equation and avoids shortages in combination with (3.9) [cf. Domschke/Drexel (2007), p. 160 f.]. Constraint (3.3) demands a zero inventory level at the beginning of the planning horizon. With constraint (3.4) the fulfilment of the capacity restrictions are guaranteed whereas  $pc_i$  defines the required storage place units to store one unit of sales item  $i$ . Restriction (3.5) assures that the required minimum order quantity  $moa_i$  for every sales item  $i$  is ordered. Constraint (3.6) is necessary to limit the order quantity per period to the cumulated demand from period  $t$  to the planning horizon  $T$ . Constraint (3.7) guarantees that the number of periods between two consecutive orders of a sales item  $i$  is limited by its minimum durability, i.e. its agreed remaining life to maturity  $od_i$ . Without considering such constraints, it would not be possible to determine the sequence of batches for sales item  $i$

because it would be spoiled before the next order would be placed. Consequences of this event are shortfalls as well as necessary reorders for covering the pending demand of this sales item.

Due to the fact that the CLSP belongs to the class of NP-hard problems, a heuristic solution based on a modified Dixon/Silver approach is suggested. The basic idea of the modified Dixon/Silver approach is based on the successive calculation of lot sizes for the same product. This results in a modified calculation of the priority numbers using the weighted mean of priority numbers for successive periods. If  $k_{i,t,\tau}$  denotes the average cost per time using the Silver/Meal criterion, then the calculation of the modified priority number is given by:

$$P_{i,t,\tau} = \frac{k_{i,t} - k_{i,t,\tau}}{\sum_{j=t+1}^{\tau} pc_i \cdot B_{i,j}}$$

This priority number considers the complete coverage period in the denominator.

#### 4. CENTRAL WAREHOUSING MODEL

In order to calculate the costs accrued from central warehousing for each sales item, firstly, the optimised batch sizes have to be calculated alternatively. If  $N$  regional warehouse are considered, then  $2^N$  different storage scenarios (centralized vs. decentralized) have to be examined.

Given that step 1 (compare section 3) determines only those batch sizes for *regional* warehouse acquisition, the number of enumeration reduces to  $2^N - 1$ .

Because of the over-dimensioning of the central warehouse locations compared to regional warehouses, no capacity constraints must be taken into account. Therefore the calculation of cost minimum order lot-sizes can be described as the **Single Level Uncapacitated Lot Sizing Problem (SLULSP)** [cf. Tempelmeier (2006), p. 142], also referred to as a Wagner-Whitin problem.

The decision making situation can be formulated as follows:

$$\text{Min } K = \sum_{t=1}^T (L_t \cdot kl + kb \cdot y_t) \quad (4.1)$$

s.t.

$$L_t = L_{t-1} + x_t - B_t \quad \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (4.2)$$

$$pc \cdot x_t - moa \cdot y_t \geq 0 \quad \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (4.3)$$

$$x_t - y_t \cdot \sum_{\tau=t}^T B_{\tau} \leq 0 \quad \forall 1 \leq t + od \leq T \quad (4.4)$$

$$\sum_{\tau=t}^{t+od} y_{\tau} \geq 1 \quad \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (4.5)$$

$$y_t \in \{0,1\} \quad \forall t \in \{1,\dots,T\} \quad (4.6)$$

$$x_t \geq 0 \text{ integer value} \quad \forall t \in \{1,\dots,T\} \quad (4.7)$$

Compared with the model in section 3 the only difference is the elimination of the capacity constraints. The resulting modified Wagner-Whitin problem can be solved exactly using a shortest path algorithm.

## 5. EXAMPLE

For illustrating the outlined two-step approach, the methodology shall be shown by means of an application example. For simplified illustration, the cost-efficient storage of one sales item is studied. The considered regional warehouses are located in Hamburg, Halle, Bremen, and Rostock, and the central warehouse is established in Hannover.

The corresponding parameters of the considered sales item are given in the following table:

parameters	moa	od	pc	kl	kb
value	20	3	50	0.9	30

The demand  $B$  of this sales item for the next eight periods can be taken from the following table:

periods	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Hamburg	225	150	350	300	250	350	185	250
Halle	4	3	3	5	2	4	6	3
Bremen	400	500	550	350	300	400	600	300
Rostock	150	150	50	150	80	200	250	300
Hannover	250	200	300	140	250	300	250	200

Within the first step, an n-time batch size calculation for the sales item is performed for every operation. The results of the CLSP are outlined in the subsequent table:

periods	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Hamburg	225	150	350	300	250	350	185	250
Halle	20	0	0	0	20	0	0	0
Bremen	400	500	550	350	300	400	600	300
Rostock	150	150	50	150	80	200	250	300
Hannover	250	200	300	140	250	300	250	200

The resulting overall costs are:

Hamburg	240 €
Halle	143.80 € (including 23.70 € costs for spoilage)
Bremen	240 €

Rostock	240 €
$\Sigma$ regional	863.80 €
Hannover	240 €
$\Sigma$ total	1103.80 €

Step 2 examines the possible profitability of a central storage strategy. For the four regional warehouses in total,  $2^4 - 1 = 15$  different storage strategies are calculated and the additional transportation costs are considered.

For instance, storage strategy 3 represents the cost of a centralised warehousing of the demand in Hamburg and Rostock and a decentralized for Halle and Bremen. The resulting costs for this strategy are:

Halle	143.80 € (including 23.70 € costs for spoilage)
Bremen	240 €
$\Sigma$ regional	383.80 €
Hannover	854.50 €
$\Sigma$ total	1233.30 €

A further alternative (strategy 5) would be a centralised warehousing for the operations in Bremen and Halle. The resulting costs are:

Hamburg	240 €
Halle	143.80 € (including 23.70 € costs for spoilage)
$\Sigma$ regional	383.80 €
Hannover	968.70 €
$\Sigma$ total	1,352.50 €

After calculation of all 15 scenarios, the optimal storage strategy for this item consists of a centralized storage for Halle and a decentralized storage for the other warehouses. The resulting minimum costs are:

Hamburg	240 €
Bremen	240 €
Rostock	240 €
$\Sigma$ regional	720 €
Hannover	257.40 €
$\Sigma$ total	<b>977.40 €</b>

The calculation of the cost-efficient storage strategies for the overall assortment from the foodservice trading company is realized by a program based on Visual-Basic that is combined with the databases of all warehouses. The average runtime to calculate all storage strategies for seven regional warehouses and 11,000 articles amounts to approximately 10 minutes.

After determination of cost-efficient storage strategies for each item, the information will be transferred back and can be considered for future

procurement. Furthermore, the allocation of the individual storage locations can be displayed by the following user interface:

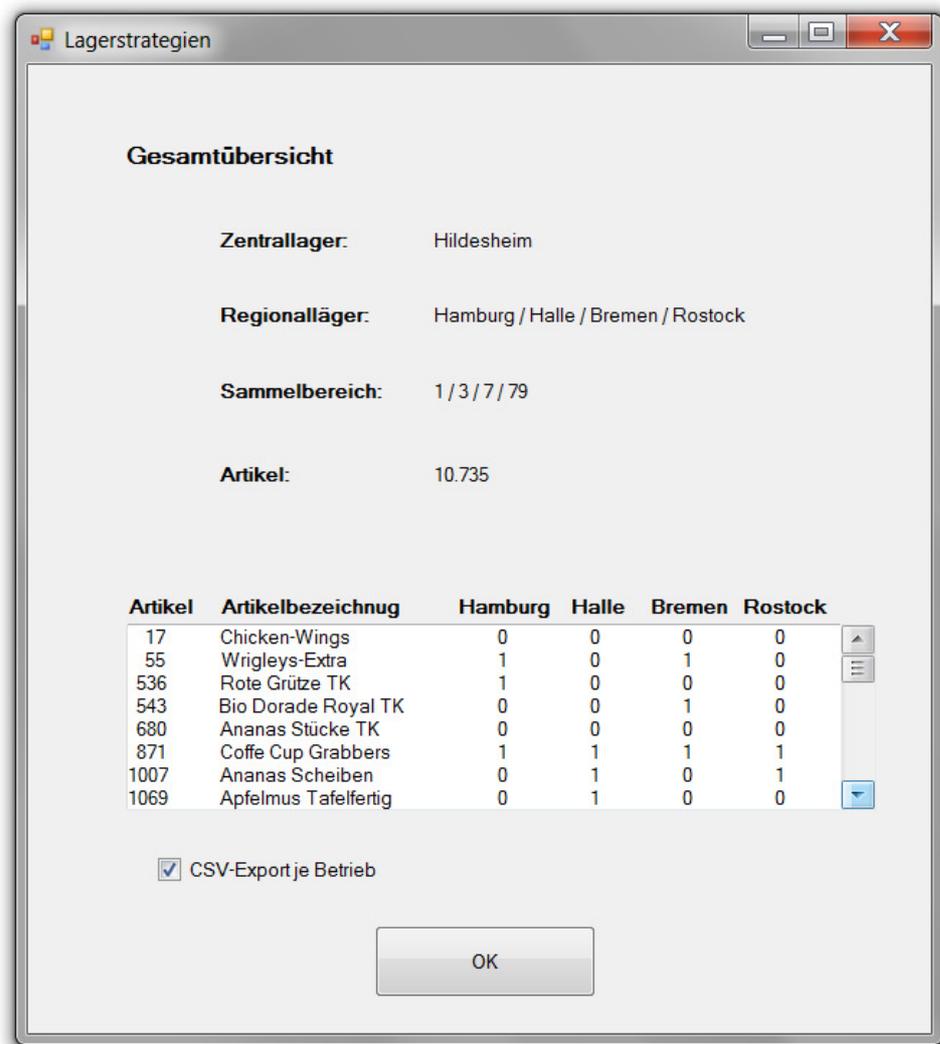


Figure 3: User interface - storage strategies

## 6. CONCLUSION

The developed decision making model identifies cost-efficient storage strategies for a given distribution structure. By focusing on a supra-regional and holistic viewpoint of processes, one can retrieve from the example data as well as from practical applications how existing structures can be used more efficiently. By considering the central sales item disposition, additional synergic effects could be released. Pooling the material streams from the company's headquarters could particularly reduce the cost of spoiled items in all regional warehouses, which amounts annually to 2 million euro.

Selecting a suitable strategy without limiting the logistics performance can reduce the accrued costs per sales item. Due to the need to relocate centrally stored goods, the availability of products was improved.

With the implementation of software-aided decision-making, the allocation of more favourable processes could be made more constant and standardised. The length of planning periods, the dimensioning of particular periods, as well as the overall number of various regional warehouses can be selected according to the prevailing planning situation and may be arbitrarily large.

## 7. LIST OF SYMBOLS

<i>B</i>	demand
<i>I</i>	set of items
<i>kb</i>	fixed order costs
<i>kl</i>	storage costs
<i>L</i>	inventory level
<i>moa</i>	minimum order quantity
<i>N</i>	number of warehouses
<i>od</i>	maximum number of periods between two consecutive orders
<i>pc</i>	storage place per unit
<i>T</i>	planning horizon
<i>x</i>	order quantity
<i>y</i>	binary variable

## 8. REFERENCES

1. Dixon, P./Silver, E. (1981): A heuristic solution procedure for the multi-item, single-level, limited capacity, lot-sizing problem. *Journal of Operations Management*, Vol. 2 Nr. 1, S. 23-39.
2. Domschke, W./Drexl, A. (2007): *Einführung in Operations Research*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 5.Auflage.
3. Silver, E./Meal, H. (1969): A simple modification of the EOQ for the case of a varying demand rate. *Production and Inventory Management*, Vol. 10 Nr. 4, S. 52-65.
4. Tempelmeier, H. (2006), *Material-Logistik*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg.
5. Wagner, H./Whitin, D. (1958): Economic version of the economic lot size-model. *Management Science* 5, S. 89-96.

# A VENDOR-PURCHASER ECONOMIC LOT SIZE PROBLEM WITH REMANUFACTURING AND DEPOSIT

G. Pishchulov<sup>1</sup>, I. Dobos<sup>2</sup>, B. Gobsch<sup>3</sup>, N. Pakhomova<sup>4</sup>, K. Richter<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *TU Dortmund, Germany*

<sup>2</sup> *Corvinus University of Budapest, Institute of Business Economics, Hungary*

<sup>3</sup> *European University Viadrina Frankfurt (Oder), Germany*

<sup>4</sup> *St. Petersburg State University, Faculty of Economics, St. Petersburg, Russia*  
*grigory.pishchulov@udo.edu, imre.dobos@uni-corvinus.hu,*  
*{gobsch, pakhomova, richter}@europa-uni.de*

An extended joint economic lot size problem is studied which incorporates the return flow of remanufacturable used products. The supply chain under consideration consists of a manufacturer and a retailer. The retailer orders a homogeneous product from the manufacturer to serve a constant market demand. Depending on the retailer's costly effort, a certain fraction of used items is returning from the market back to the retailer who collects and takes them back to the manufacturer in exchange for a deposit refund. To fill the retailer's orders, the manufacturer can remanufacture used items as well as manufacture new ones. We derive closed-form expressions for the individually as well as jointly optimal lot sizes and collection rates and further address a problem of coordinating this supply chain in a Stackelberg setting by means of a quantity discount.

## INTRODUCTION

In the recent years, collection of used products and their reuse are gaining an increasing attention in both the industry and the academic research due to important economic advantages — i.e.: value recovery from the used products, creation of an additional product value to the customers, protecting the market share from losing it to low-cost competitors, and maintaining the brand name by retaining the control over the quality of one's own remanufactured products [2,5,11]. This poses the need for a proper management of the emerging closed-loop supply chains.

Academic research has addressed specific aspects of the closed-loop supply chain management in a broad variety of settings which can be divided into four streams [1,8]: 1) industrial engineering/OR approaches — usually addressing optimization of specific activities; 2) the work taking a more holistic view of product life cycle and supply-chain design and coordination; 3) work focusing on the firms' competition, market segmentation and interaction between new and remanufactured products; and 4) studies addressing consumer choice and supply-chain members' effort.

We contribute to this body of research with a study of a closed-loop supply chain that consists of two firms entering a supplier–buyer relationship in the form of a bilateral monopoly, both maintaining inventories of new and used

products — which they control independently of each other and in their own interest. This focus makes our study most closely related with the first and the second of the above research streams — by addressing both operational and coordination aspects.

More specifically, we study a closed-loop supply chain consisting of a manufacturer and a retailer. The retailer orders a particular product from the manufacturer and sells it on the market. A certain fraction of used items returns from the market back to the retailer who is responsible for collecting and returning them to the manufacturer. The latter is capable of remanufacturing the returns to as-good-as-new items which are then used to serve the market demand in the subsequent periods. Our modeling framework features the joint economic lot size (JELS) model [3] extended to include the return flow of the used items. In line with the assumptions of the JELS model, we suppose that the ordered merchandise is manufactured and shipped to the retailer in the lot-for-lot fashion. Further, we assume a deterministic constant demand for the product as well as symmetric information in this supply chain. By a further assumption, the fraction of used items returning from the market depends on the retailer's costly effort, while collecting and handling them assumes a per-unit expenditure which is exogenous to the model. To stimulate the returns, the manufacturer may offer the retailer a transfer payment per each item returned. The questions addressed by this study pertain to the optimal centralized control of this closed-loop supply chain as well as to the individually optimal decision making of its members in a Stackelberg setting with and without a quantity discount.

In the research literature, a closely related coordination problem has been studied by Savaskan et al. [12] who have additionally shown that the above supply chain structure with the retailer collecting the returns is most favorable from the individual members' perspective, from the supply chain's perspective, and from the social perspective as well. However, their work lacks any inventory and operational considerations which we include in our work in line with the JELS model. In the recent work by Liu et al. [10], a coordination problem similar to ours, featuring an extension of the JELS model to a closed-loop supply chain, is addressed. They however do not capture the optimal policies analytically and generate insights entirely based on the simulation and numerical solution of the underlying optimization problems.

Hence the main contribution of the present work consists in studying the optimal control of the above closed-loop supply chain analytically. We capture optimal decisions with regard to lot sizing and collection rates in the closed form and further characterize the optimal contract with a quantity discount — which is at the same time shown to be not capable of coordinating the supply chain under consideration.

## **MODEL DESCRIPTION**

Consider a single retailer facing a market demand for a homogeneous product at a constant rate of  $D$  units per time unit. The retailer serves the market demand

from the inventory which is replenished periodically by placing orders of the size  $q$  with a single manufacturer who fulfills them in a lot-for-lot fashion. For brevity, we henceforth call the manufacturer *the vendor* (also *he*) and the retailer *the purchaser* (respectively *she*). Further, a fraction  $\beta$  of the items sold are returning from the market to the purchaser after a period of use constantly over time. Following [12], we assume  $\beta$  to be a deterministic function of the purchaser's collection effort  $I$  — i.e., her investment in the promotion of product returns, per time unit; we accordingly call  $\beta$  the *collection rate*. For the reasons of analytical tractability, we further make a simplifying assumption of a linear dependence between  $I$  and  $\beta$  —

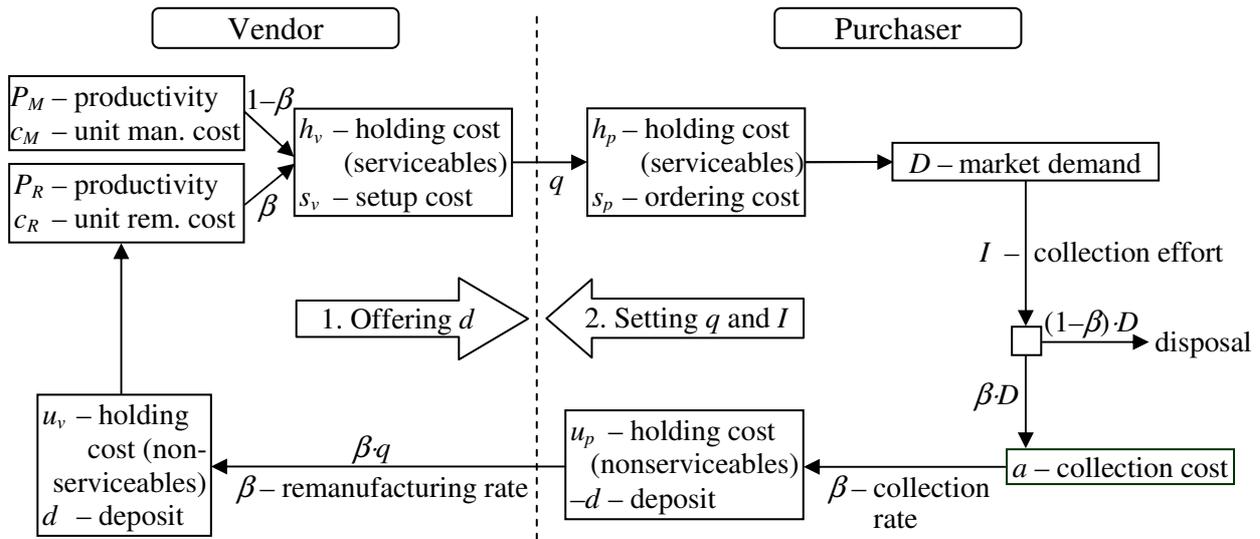


Figure 1. Parameters and decision variables of the model expressing as  $\beta = I / k$ , where  $k$  is a positive scaling constant.<sup>1</sup> Furthermore, the purchaser incurs a collection and handling cost  $a$  per unit returned — which is assumed to be exogenous to the model.<sup>2</sup> The used items collected at the purchaser are backhauled to the vendor by the same vehicle which delivers the purchaser's order. The vendor refunds the purchaser an amount  $d$  — called the *deposit* — for each unit returned. By remanufacturing the returning used items — shortly called *nonserviceables* — the vendor is capable of producing as-good-as-new items, in addition to manufacturing new ones. Both kinds of items — called *serviceables* — serve the purchaser's and ultimately the market demand. All nonserviceables are being remanufactured, therefore the collection rate  $\beta$

<sup>1</sup> Note that this dependence can immediately be generalized to the form  $\beta = I / k + b$  — which, on the one hand, offers a better approximation of the square-root function  $\beta = \sqrt{I / k}$  assumed in [12], but implies on the other hand that a certain fraction of used items — represented by the intercept  $b$  — returns without the collector's effort. This may still represent a realistic situation in the presence of educated customers who e.g. drop off end-of-use products at retail locations.

<sup>2</sup> See [10] for an endogenous choice of this amount that in turn determines the collection rate.

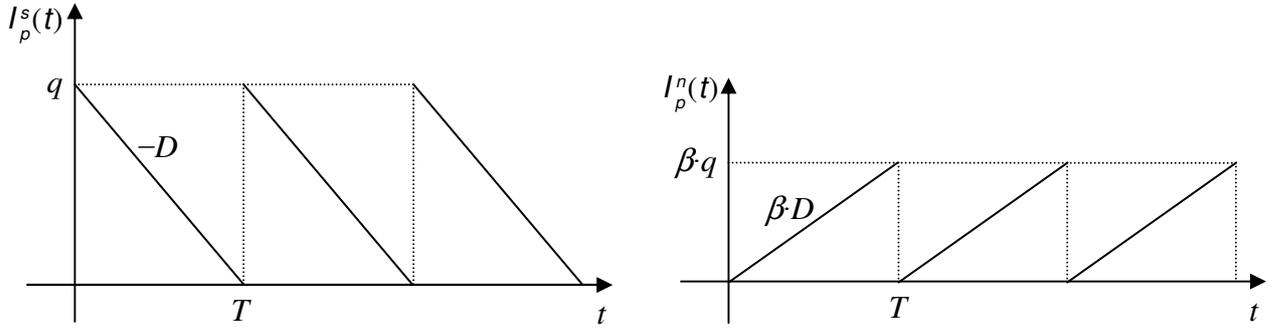


Figure 2. Inventory level of servicables (left) and nonservicables (right) at the purchaser over time

represents at the same time the fraction of remanufactured items in the vendor's output and is called his *remanufacturing rate*. Figure 1 depicts the product flow in this supply chain as well as parameters and decision variables employed in the model.

Following [3,10] and [12], we assume a principal-agent relationship between the supply chain members in which the vendor has enough channel power to act as a Stackelberg leader and decide on the deposit amount  $d$  which the purchaser accepts and responds with the choice of an order size  $q$  and a collection rate  $\beta$  (the latter determined by the choice of a collection effort  $l$ ).

At both the vendor and the purchaser, inventories of serviceables and non-serviceables are held due to the rhythmic production, delivery, collection and take-back of the product. The manufacturing and remanufacturing productivities  $P_M, P_R$  at the vendor, measured in units per time unit, are assumed to exceed the demand  $D$ , i. e., it holds  $P_M, P_R > D$ . The vendor and the purchaser incur fixed costs  $s_v$  and  $s_p$  per order, respectively, and inventory holding costs  $h_v > u_v$  and  $h_p > u_p$  per unit of serviceables and non-serviceables per time unit, respectively. The unit manufacturing and remanufacturing costs are denoted by  $c_M$  and  $c_R$ , respectively.

The evolution of the inventory levels at the purchaser is shown in Figure 2, where  $T = q/D$  represents the order cycle length. It is then straightforward to see that the purchaser's total relevant costs per time unit express as

$$TC_p(d, q, \beta) = s_p \cdot \frac{D}{q} + \frac{q}{2} \cdot (h_p + u_p \cdot \beta) + k\beta + (a - d)\beta D. \quad (1)$$

The development of the inventory levels at the vendor depends on what operation is run first within an order cycle. Figure 3 illustrates their development when manufacturing is run before remanufacturing;  $t_2$  and  $t_3$  represent there the respective durations, and  $t_1 = T - t_2 - t_3$  is the slack time. Due to the assumption  $P_M, P_R > D$ , it holds  $t_1 > 0$ . The vendor's total relevant costs per time unit can then be expressed in the following form:

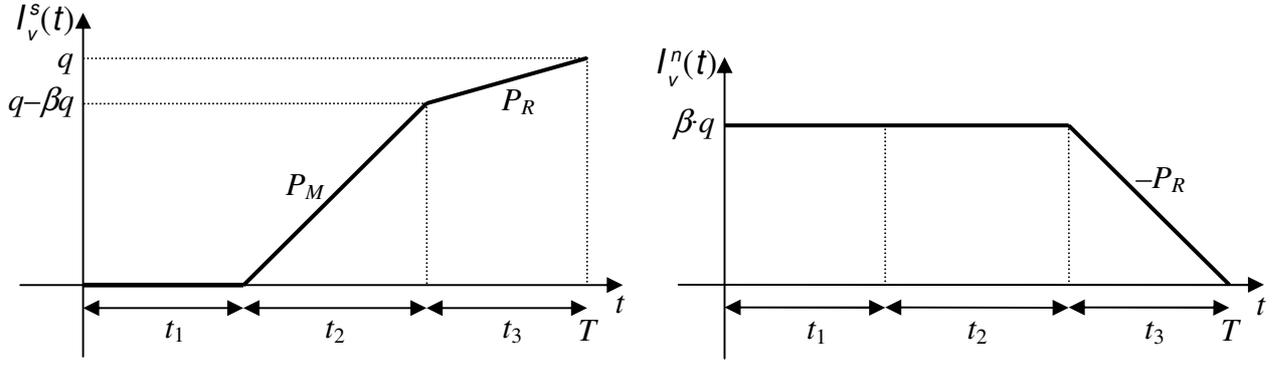


Figure 3. Inventory level of servicables (left) and nonservicables (right) at the vendor over time

$$TC_V(d, q, \beta) = s_v \cdot \frac{D}{q} + \frac{q}{2} \left\{ \Delta_M \beta^2 - 2\beta \cdot \Omega_M + V \right\} + (d + c_R - c_M) \beta D + c_M D \quad (2)$$

where

$$V = h_v \cdot \frac{D}{P_M}, \quad \Omega_M = h_v \left( \frac{D}{P_M} - \frac{D}{P_R} \right) - u_v \quad \text{and} \quad \Delta_M = h_v \left( \frac{D}{P_M} - \frac{D}{P_R} \right) - u_v \cdot \frac{D}{P_R}.$$

The corresponding cost expression for the reverse order of operations obtains in a similar way, see [6]. It can be shown that for any given  $d, q, \beta$ , running manufacturing before remanufacturing is more economical whenever the following

$$\text{holds: } \frac{P_R}{P_M} > 1 + \frac{u_v}{h_v - u_v}.$$

i.e., when the remanufacturing productivity sufficiently exceeds the manufacturing one.

## THE JOINT ECONOMIC LOT SIZE AND COLLECTION RATE

In this section we address the system-wide optimal lot size and collection rate in the setting where manufacturing precedes remanufacturing in each order cycle. Let  $E = k + (a + c_R - c_M)D$ . Then the supply chain members' joint total relevant costs per time unit express as

$$TC(q, \beta) = (s_v + s_p) \frac{D}{q} + \frac{q}{2} \cdot \left\{ \Delta_M \beta^2 + (u_p - 2\Omega_M) \beta + V + h_p \right\} + E\beta + c_M D. \quad (3)$$

Note that (3) does not depend on the amount of the deposit  $d$  and represents a convex EOQ-type function in  $q$  and a quadratic one in  $\beta$  — which must not necessarily be convex. The joint economic lot size for the given collection rate can then be obtained in the usual way:

$$q^*(\beta) = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot (s_v + s_p)}{\Delta_M \beta^2 + (u_p - 2\Omega_M) \beta + V + h_p}} \quad (4)$$

what yields the following minimum total costs for the given collection rate:

$$TC^*(\beta) = \sqrt{2 \cdot D \cdot (s_v + s_p) \cdot (\Delta_M \beta^2 + (u_p - 2\Omega_M)\beta + V + h_p)} + E\beta + c_M D. \quad (5)$$

It is straightforward to verify that  $TC^*(\beta)$  is either convex or concave on its entire domain  $[0, 1]$ , therefore one can figure out whether it has its minimum in the interior of the domain by referring to the sign of the function's derivative at the borders. The extremal analysis of the function allows to express the joint economic collection and remanufacturing rate in the closed form, yielding the following

**Proposition 1.** *A mixed strategy represented by the collection rate*

$$\beta^* = \frac{\Omega_M}{\Delta_M} - \frac{E}{\Delta_M} \sqrt{\frac{\Delta_M \cdot (V + h_p) - (\Omega_M - u_p/2)^2}{\Delta_M \cdot 2D(s_v + s_p) - E^2}} - \frac{u_p}{2\Delta_M} \in (0, 1) \quad (6)$$

*is optimal for the supply chain under consideration if the following holds:*

$$\frac{u_v \cdot (D/P_R - 1) - u_p/2}{\sqrt{(h_v - u_v) \cdot D/P_R + 2u_v + h_p + u_p}} < \frac{k + (a + c_R - c_M)D}{\sqrt{2D(s_v + s_p)}} < \frac{\Omega_M - u_p/2}{\sqrt{V + h_p}} \quad (7)$$

*otherwise a pure strategy with  $\beta^* = 0$  or  $\beta^* = 1$ .*

*Proof:* By using Lemma 1 in [6] and noting that condition (7) further implies the assumption of the same lemma.

## DECENTRALIZED DECISION MAKING

In a similar way, the analysis conducted in [6] allows to establish the optimal order sizes and collection rates from the supply chain members' individual perspectives. Consider now their individual decision making in the decentralized setting in which the vendor acts as the Stackelberg leader and sets the deposit amount  $d$ , while the purchaser acts as the follower and decides on the order size  $q$  and the collection rate  $\beta$ . Obviously, the purchaser's optimal lot size for the given  $\beta$  expresses as

$$q_p^*(\beta) = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot s_p}{h_p + \beta \cdot u_p}}, \quad (8)$$

yielding the following purchaser's minimum total relevant costs per unit time:

$$TC_p^*(d, \beta) = \sqrt{2 \cdot D \cdot s_p \cdot (h_p + \beta \cdot u_p)} + k\beta + (a - d)\beta D. \quad (9)$$

This obviously represents a function concave in  $\beta$ , what implies the following

**Proposition 2.** *The purchaser's optimal choice is always a pure strategy represented by the collection rate  $\beta_p^*(d) \in \{0, 1\}$ .*

Specifically, by comparing the expressions of  $TC_p^*(d, \cdot)$  at 0 and 1, we obtain:

$$\beta_p^*(d) = \begin{cases} 0, & \text{if } d < \theta^* := a + \frac{1}{D} \cdot \left[ k + \left( \sqrt{h_p + u_p} - \sqrt{h_p} \right) \sqrt{2Ds_p} \right] \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

where  $\theta^*$  represents the deposit threshold at which the purchaser's optimal strategy switches from no-collection to full collection. Accordingly, the purchaser's optimal order size  $q_p^*(\beta_p^*(d))$  is either  $q_p^*(0)$  (if  $d < \theta^*$ ) or  $q_p^*(1)$  (if  $d \geq \theta^*$ ). It is then straightforward to see that the vendor's optimal deposit choice is either 0 or  $\theta^*$  — whichever minimizes his resulting costs  $TC_v(d, q_p^*(\beta_p^*(d)), \beta_p^*(d))$ . We can however immediately see that the deposit alone cannot coordinate the supply chain under consideration whenever the system-optimal collection rate represents a mixed strategy — which will not coincide with the purchaser's pure strategy choice.

It is known that introducing a suitable quantity discount [4] helps to achieve coordination in the forward supply chain — in particular the one that complies with the assumptions of this work [3]. We below refer to a quantity discount type of contract in the form of a two-part tariff [7] which is known to coordinate the corresponding forward supply chain [9]; we consider namely an "all unit" type of discount to be offered by the vendor to the purchaser which is specified by two entities: a fixed fee  $w_0$  and a per-unit charge  $w_1$ , so that the amount payable is  $w(q) = w_0 + w_1q$ , where  $q$  is the order quantity. Thus by adopting the order size  $q$ , the purchaser pays an amount of  $\frac{D}{q} \cdot (w_0 + w_1q)$  per time unit, where  $\frac{D}{q}$  is the respective number of orders. The purchaser's cost function (1) is accordingly adjusted to include the (now-relevant) procurement costs:

$$TC_p(d, q, \beta, w_0, w_1) = (s_p + w_0) \cdot \frac{D}{q} + \frac{q}{2} \cdot (h_p + u_p \beta) + k\beta + (a - d)\beta D + w_1 D. \quad (11)$$

Then the purchaser's minimum total costs (9) express now as follows:

$$TC_p^*(d, \beta, w_0, w_1) = \sqrt{2 \cdot D \cdot (s_p + w_0) \cdot (h_p + \beta \cdot u_p)} + k\beta + (a - d)\beta D + w_1 D.$$

Obviously, the concave behavior of the purchaser's minimum total costs as a function of  $\beta$  retains and so is the choice of a pure strategy by the purchaser for any offered  $d, w_0, w_1$ . This in turn implies that the introduction of the quantity discount does not help to coordinate the supply chain under consideration, either, whenever the system-optimal collection rate represents a mixed strategy. To determine a most favorable combination of  $d, w_0, w_1$ , the vendor can still resort to solving:

$$\min_{d, w_0, w_1 \geq 0} TC_v^*(d, w_0, w_1) \quad \text{s.t.} \quad TC_p^*(d, \beta_p^*(d, w_0), w_0, w_1) \leq TC_p^*(d, \beta_p^*(d, 0), 0, \bar{w})$$

where  $TC_v^*(d, w_0, w_1) := TC_v(d, q_p^*(\beta_p^*(d, w_0), w_0), \beta_p^*(d, w_0), w_0, w_1)$  are the vendor's resulting costs — with  $TC_v(d, q, \beta, w_0, w_1)$  being his total cost function adjusted for the revenue gained similarly to (11),  $q_p^*(\beta, w_0)$  and  $\beta_p^*(d, w_0)$  are the purchaser's optimal order size and collection rate to be determined similar to (8) and (10), respectively, and  $\bar{w}$  is the initial wholesale price.

## CONCLUSION

We have considered a generalization of the JELS model [3] to a closed-loop supply chain and established that refunding the retailer for each item returned does not coordinate the supply chain under consideration, nor does the introduction of the all-unit quantity discount. A further research is needed to generate insights into the coordination deficit of these contract forms, as well as to establish the form of a coordinating contract. We restricted our attention to the case of a constant market demand for generating initial insights into the problem and for the reasons of analytical tractability, what can further be extended to include a price-demand function.

## REFERENCES

1. Atasu A., Guide V.D.R., Van Wassenhove L.N. Product reuse economics in closed-loop supply chain research, in: *Production and Operations Management*, Vol. 17, 2008, pp. 483–496.
2. Atasu A., Guide V.D.R., Van Wassenhove L.N. So what if remanufacturing cannibalizes my new product sales? In: *California Management Review*, Vol. 52, 2010, pp. 56–76.
3. Banerjee A. A joint economic lot-size model for purchaser and vendor, in: *Decision Sciences*, Vol. 17, 1986, pp. 292–311.
4. Cachon G.P. Supply chain coordination with contracts, in: de Kok A.G., Graves S.C. (eds.) *Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation*. Amsterdam: Elsevier, 2003, pp. 229–339.
5. Corbett C.J., Savaskan R.C. Contracting and coordination in closed-loop supply chains, in: Guide V.D.R., Van Wassenhove L.N. (eds.) *Closed-loop Supply Chains: A Business Perspective*. Pittsburgh: Carnegie Bosch Institute, 2002, pp. 93–113.
6. Dobos, I., Gobsch, B., Pakhomova, N., Pishchulov, G., Richter, K. A vendor-purchaser economic lot size problem with remanufacturing and deposit. Discussion paper no. 304, Faculty of Economics and Business Administration, European University Viadrina, Germany, 2011.
7. Dolan R.J. Quantity discounts: Managerial issues and research opportunities, in: *Marketing Science*, Vol. 6, 1987, pp. 1–22.
8. Guide V.D.R., Van Wassenhove L.N. The evolution of closed-loop supply chain research, in: *Operations Research*, Vol. 57, 2009, pp. 10–18.
9. Kohli R., Park H. A cooperative game theory model of quantity discounts, in: *Management Science*, Vol. 35, 1989, pp. 693–707.
10. Liu X., Banerjee A., Kim S.-L. Models for retail pricing and customer return incentive for remanufacturing a product. In: *Proceedings of the POMS 20th Annual Conference, Orlando, Florida, USA, May 1 to 4, 2009*.
11. Rubio S., Chamorro A., Miranda F.J. Characteristics of the research on reverse logistics (1995–2005), in: *International Journal of Production Research*, Vol. 46, 2008, 1099–1120.
12. Savaskan R.C., Bhattacharya S., Van Wassenhove L.N. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing, in: *Management Science*, Vol. 50, 2004, pp. 239–252.

# DISTRIBUTION NETWORKS - RIGID INVESTMENTS IN DYNAMIC ENVIRONMENTS

F. Kellner, A. Otto, A. Busch

*University of Regensburg*  
*florian.kellner@ur.de*

Die Entscheidung über die Restrukturierung von Distributionsnetzen ist schwierig, da sie in einem dynamischen Umfeld erfolgt, in dem sich die Ausprägung von Entscheidungsvariablen über die Zeit verändern kann. Ziel ist es, eine Netzstruktur zu bestimmen, die trotz Umfeldynamik langfristig kostenoptimal ist. Dieser Aufsatz analysiert in Einzel- und Kombinationsszenarien die Relevanz von fünf Umfeldvariablen für die Robustheit eines typischen Distributionsnetzes, mit dem schnelldrehende Konsumgüter (FMCG) in Deutschland verteilt werden.

Distribution network design has to meet the challenge of recommending long-term network structures in a dynamic internal and external environment. The goal is to establish robust networks that will survive for some years despite these changes. This paper studies the robustness of an existing, typical and optimized FMCG (Fast Moving Consumer Goods) network. Five variables have been identified as relevant to the network structure. These variables have been altered to represent changes, both isolated (*ceteris paribus*) and in combination (scenarios). Sensitivities are studied using a quantitative model. Each variable proved to be fundamentally able to suggest a change of network structure. However, the scenario analysis suggests that the expected changes will *grosso modo* compensate each other, leaving the optimized FMCG network in good shape over the next years.

## EINFÜHRUNG

Schnell drehende Konsumgüter (FMCG, Fast Moving Consumer Goods) werden über Distributionsnetze an den Einzelhandel geliefert. Diese Netze bestehen aus Herstellerwerken, Herstellerdistributionszentren (HDZ), Handelsdistributionszentren (EDZ), Cross-Docks, Einzelhandelsfilialen sowie Transporteinheiten (hier: LKW). Die Netzstrukturgestaltung umfasst im hier relevanten Sinne die Festlegung von Lage und Anzahl der Knoten sowie der Bedienungsgebiete (Zuordnung von HDZ und Empfänger). Ziel ist, eine Distributionsstruktur zu ermitteln, die für einen zu bestimmenden Planungszeitraum trotz Umfeldynamik optimal ist. Einen Überblick zu den relevanten, die Dynamik erzeugenden Trends in der deutschen FMCG-Industrie gibt [1]. Dieser Beitrag untersucht in einer quantitativen Fallstudie die Wirkung der Veränderung ausgewählter Variablen auf die kostenminimale Distributionsstruktur eines typischen in Deutschland flächendeckend den Handel beliefernden Konsumgüterherstellers. Die Forschungsfrage lautet: *Welche Variablen haben entscheidenden Einfluss auf die kostenoptimale Distributionsstruktur in deutschen FMCG-Distributionsnetzen?* Ein Netz ist im

Sinne dieser Analyse „optimal“, wenn die Gesamtkosten der Distribution minimal sind. Eine Variable ist „entscheidend“, wenn deren Veränderung im relevanten Bereich eine Veränderung der Optimalkonfiguration (Anzahl und Lage der Knoten) auslösen wird. Ein Netz ist „robust“, wenn auch starke Veränderungen im relevanten Bereich keine Veränderung der Optimalkonfiguration auslösen werden.

## DER KONSUMGÜTERHERSTELLER „DRYCO“

Der Beitrag untersucht die Robustheit von Distributionsnetzen anhand der Fallstudie des Konsumgüterhersteller „Dryco“. Dryco ist ein fiktiver, aber typischer Deutschland versorgender Markenartikelhersteller schnelldrehender Konsumgüter.

In 22 Werken werden 1.200 Artikel (SKU) hergestellt. Die produzierte Menge im Berichtsjahr beträgt 500.000 Tonnen und wird über drei deutsche jeweils voll sortimentierte HDZ an rund 2.000 Kundenlokationen (90% Handelsfilialen, 10% EDZ) verteilt. Transport, Lagerung und Umschlag werden von Logistikdienstleistern (LDL) erbracht. Tabelle 1 zeigt die Struktur der Distributionskosten.

Kostenart	Erläuterung	Anteil an Gesamtdistributionskosten
1. Transportkosten		60%
- Transportkosten HDZ-inbound	Transporte von Werk zu HDZ	41%
- Transportkosten HDZ-outbound	Transporte von HDZ zu EDZ und Handelsfiliale	59%
2. Bestandskosten	Kapitalbindung im HDZ (Zyklus- und Sicherheitsbestand)	14%
3. Handlingkosten	Einlagerung, Umlagerung, Auslagerung, Lagermiete, Lagermanagement	26%

**Tabelle 1.** Gesamtkosten der Distribution, aufgeteilt nach Kostenarten

## DISTRIBUTIONSVARIABLEN

Dieser Beitrag analysiert die Relevanz der nachfolgend zu erläuternden Variablen. Die Variablen wurden ausgewählt, da erstens deren Einfluss auf die Gesamtkosten der Distribution in Forschungsbeiträgen nachgewiesen wurde und diese zweitens gegenwärtig Veränderungen unterworfen sind (vergleiche dazu [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]).

Transportkosten: Die Bedeutung der Transportkosten für die Gesamtkosten der Distribution ist i.d.R. hoch. Höhere Transportkosten favorisieren üblicherweise eine Mehrlager-Strategie, da die Gesamtzahl zurückzulegender Distanzen

verringert werden kann [2, 8]. *Trend*: Diverse Faktoren ließen in der jüngeren Vergangenheit Transportkosten ansteigen, darunter der Anstieg der Treibstoffpreise [9], die Einführung der LKW-Maut in Deutschland, zeitliche und örtliche Fahrbeschränkungen sowie eine zunehmende Anzahl an Verkehrsstaus.

Warenwert: Der Warenwert (Herstellungskosten) der distribuierten Güter beeinflusst die Kapitalbindung [2, 4]. *Veränderung*: Dryco erwartet veränderte Warenwerte in Folge von Akquisitionen sowie in Folge andauernder Nachfrageveränderungen innerhalb des bestehenden Sortiments.

Konzentration der Produktion (Anzahl der Werke): Werkschließungen verändern die Optimalkonfiguration [10]. *Veränderungen*: Dryco erwartet für die kommenden Jahre im Rahmen der langfristigen Anpassung der Produktionsstrategie an den gemeinsamen europäischen Markt eine weitere Zentralisierung der Produktion.

Sendungsgröße (Tonnage pro Sendungen): Größere Sendungen favorisieren eine Netzstruktur mit weniger Distributionszentren, da große Sendungen pro transportierter Mengeneinheit geringere Transportkosten verursachen als kleine. *Trend*: Sendungsgrößen sind Reflex des Kundenbestellverhaltens. Zwei gegenläufige Trends sind zu beobachten: Einerseits bewirkt der steigende Anteil EDZ-Lieferungen zu Lasten der Filialdirektbelieferung höhere Sendungsgrößen, da EDZ-Lieferungen im Durchschnitt größer sind als Filialbelieferungen. Zweitens reduziert der Trend zur Erhöhung der Bestellfrequenz des Einzelhandels sowie die fortschreitende Sortimentsverbreiterung die Sendungsgröße [1].

DSD-Anteil der Belieferungen: Unter dem DSD-Anteil der Belieferungen ist der Anteil der distribuierten Tonnage bzw. der Sendungen zu verstehen, der direkt an die Handelsfilialen und nicht an EDZs geliefert wird (DSD, Direct Store Delivery). Eine Veränderung des DSD-Anteils der Belieferungen lässt eine veränderte optimale Netz-Konfiguration erwarten, da DSD-Lieferungen kleinere Sendungsgrößen aufweisen als EDZ-Belieferungen. Die Wirkung auf die Gesamtkosten der Distribution entsteht über die Transportkosten. *Trend*: Trotz Attraktivität des DSD für Hersteller wird ein rückläufiger DSD-Anteil erwartet [5, 11].

## **ANALYSE DES DISTRIBUTIONSNETZES: METHODIK**

Die Analyse der Wirkung der Variablenveränderungen auf die Optimalkonfiguration erfolgt in drei Schritten: 1) Distributionsstruktur-, Sendungs-, Lagerhaltungs- und Handling-Daten des Dryco-Netzes wurden für den Zeitraum eines Kalenderjahres aufgezeichnet und analysiert. Daran anschließend wurde ein quantitatives Modell aufgebaut, das die aktuelle Netz- und Kostenstruktur abbildet. Die Modellqualität wird durch Vergleich mit den

Ist-Daten ermittelt. Schritt 2) bestimmt die Optimalkonfiguration. Schritt 3) verändert die Sendungsdaten, um veränderte Rahmenbedingen abzubilden.

### **Schritt 1: Abbildung des Distributionsnetzes**

Abbildung der Transportkosten: Die LDL rechnen die Distributionsleistungen gemäß Tarif an Dryco ab. Die Tarife wurden durch regressionsbasierte Kostenfunktionen nachgebildet.

*Produktionsströme:* Die Kosten der Produktionsströme, Sendungen von Werk zu HDZ und mehrheitlich als Ladung (FTL - Full Truck Load) befördert, werden geschätzt mit  $(87 + 1,13 * km_{wj})$  Euro. Die Variable  $km_{wj}$  steht für die Entfernung in km zwischen Werk w und HDZ j gem. EWS (Entfernungswerk Straße).

*Distributionsströme FTL:* Die Kosten der Sendungen zwischen HDZ und EDZ bzw. Handelsfiliale mit einer Tonnage ab 11 Tonnen werden geschätzt mit  $(153 + 0,85 * km_{ji})$  Euro. Die Variable  $km_{ji}$  steht für die Entfernung zwischen HDZ j und Kunde i.

*Distributionsströme LTL:* Die Kosten der Sendungen zwischen HDZ und EDZ bzw. Handelsfiliale zwischen 2 und 11 Tonnen (LTL - Less than Truck Load) werden geschätzt mit  $(2,86 * km_{ji}^{0,34} * to_i^{0,34})$  Euro. Die Variable  $to_i$  steht für die transportierte Menge in Tonnen.

*Distributionsströme Kleinsendungen:* Die Kosten der Sendungen zwischen HDZ und EDZ bzw. Handelsfiliale bis 2 Tonnen werden geschätzt mit  $(3,21 * km_{ji}^{0,24} * to_i^{0,714})$  Euro.

Abbildung der Bestandskosten: Die Schätzung des gelagerten Warenwertes unterscheidet Zyklus- und Sicherheitsbestand. Ersterer wird über das Modell der Ökonomischen Losgröße (EOQ), letzterer unter Berücksichtigung der Wiederbeschaffungszeit (WBZ), der Produkt (p)-individuellen Nachfrageschwankungen in HDZ j und einem Sicherheitsfaktor k geschätzt:  $k * \sigma_{jp} * \text{sqr}(WBZ)$  [12].

Abbildung der Handlingkosten: Handlingkosten werden proportional zum Paletten-Durchsatz der HDZ über Kostensätze für „Handling-In“, „Handling-Out“, „Storage“ und „Overhead“ geschätzt, wobei „Handling-Out“ wegen der Palettenheterogenität (Mischpaletten) teurer als „Handling-In“ geschätzt wird.

Das Kostenmodell bildet die reale Kostensituation von Dryco hinreichend gut ab. Im Vergleich zu den jeweiligen Ist-Kosten (100%) betragen die geschätzten Transportkosten 99,34%, die Bestandskosten 99,73% und die Handlingkosten 102,1%. Die über Regression geschätzten Transportkostenfunktionen weisen im schlechtesten Fall ein  $R^2$  von 87% aus.

### **Schritt 2: Bestimmung der Kosten-minimalen Lagerkonfiguration**

Die Optimalkonfiguration wird mithilfe eines p-median-Modells bestimmt. Gesucht wird dabei die kostenminimale Kunde(i)-Lager(j)-Zuordnung, wobei jede Kunde-Lager-Allokation mit unterschiedlichen Kosten in Höhe von  $c_{ij}$

verbunden ist. Die optimalen Kunden-Lager-Zuordnungen sollen für unterschiedliche Anzahlen zu „eröffnender“ Lager  $p$  bestimmt werden, um deren Kostenwirkung vergleichen zu können. Zu berücksichtigen ist, dass jeder Kunde genau einem Lager zuzuordnen ist und dass ein Kunde nur von einem Lager bedient werden kann, wenn dieses eröffnet wird. Die Binärvariablen  $x_{ij}$  und  $y_j$  erhalten den Wert 1, wenn Kunde  $i$  dem Lager  $j$  zugeordnet wird bzw. Lager  $j$  eröffnet wird und 0, wenn keine Kunde-Lager-Zuordnung stattfindet bzw. das Lager  $j$  nicht eröffnet wird.

Zielfunkt.:	Min	$\sum_{ij} x_{ij} * c_{ij}$		min. Zuordnungskosten
u.d.N.:		$\sum_j x_{ij} = 1$	for all $i$	Single-Sourcing-Bedingung
		$\sum_i y_j = p$		Anzahl Läger $p$
		$x_{ij} \leq y_j$	for all $i, j$	x-y-Kopplung
		$x_{ij}, y_j$	$\in [0;1]$	binäre Entscheidungsvariablen

Die Optimalkonfiguration wird gemäß Transportkosten bestimmt. Die Bestands- und Handlingkosten werden anschließend analytisch bestimmt. Die Bestandskosten gehen nicht in das ganzzahlige Optimierungsmodell ein, da sie u. a. von Standardabweichungen der Nachfrage abhängen. Zur Abschätzung des Einflusses unterschiedlicher Kunde-Lager-Zuordnungen auf die Höhe der Bestandskosten wurden in drei separaten Simulationsläufen für 2-, 3- und 4-Lagerkonfigurationen, je 100 Kunde-Lager-Konfigurationen erzeugt und die Bestandskosten verglichen. Die Tatsache, dass die drei Simulationsläufe zu einem Variationskoeffizienten von etwa 1% und einer maximalen Abweichung vom Stichprobenmittelwert von 1,5% führten, und dass die Bestandskosten mit 14% den geringsten Anteil an den Gesamtdistributionskosten haben, rechtfertigt die Annahme, dass die auf Transportkosten basierende Optimalkonfiguration der der auf Gesamtkosten basierenden weitestgehend entsprechen sollte.

Aufgrund des Datenumfangs – rund 2.000 Kundenlokationen sind zu  $p$  aus über 400 potentiellen Standorten zuzuordnen – wurde das Problem über eine Lagrange-Formulierung gelöst, wobei die Single-Sourcing-Bedingung relaxiert wurde (vgl. hierzu [13, 14]). Innerhalb von 900 Iterationsschritten wurde die Optimal-Konfiguration bestimmt.

### Schritt 3: Datenmanipulation

Transportkosten: Die Veränderung der Transportkosten wird durch eine Multiplikation der geschätzten Transportkosten für jede Kunden-Lager-Zuordnung mit einem bestimmten Faktor realisiert. Dieser Faktor repräsentiert die Wirkung sämtlicher transportkostenbeeinflussender Faktoren, wie Treibstoffpreis-, Fahrzeitenregulierungs- und Mautänderungen.

Warenwert der distribuierten Güter: Die Warenwertänderungen erfolgen über eine Multiplikation der Warenwerte gem. Artikelstammdaten mit einem einheitlichen Faktor.

Konzentration der Produktion: Die Veränderung der Werksanzahl erfolgt durch Schließungen einzelner Produktionsstätten. Die Ausbringungsmengen der verbleibenden Werke werden so angepasst, dass die Gesamtnachfrage befriedigt wird und der Mengenanteil pro Werk der Ausgangssituation weitestgehend entspricht.

Sendungsgröße (Tonnagen der Sendungen): Die Veränderung der Sendungsgrößen wird simuliert, indem für jeden Kunden einzeln Sendungen zwischen den Sendungsklassen „FTL“, „LTL“ und „Kleinsendungen“ verlagert werden mit dem Ziel, den gewichtsmäßigen Anteil der einzelnen Sendungsklassen auf einen vorgegebenen Wert, den „Relative Share“ (RS) der Sendungsklasse, festzusetzen. In formaler Form entspricht dies der folgenden Formulierung. Dabei wird mithilfe der Zielfunktion, sowie der dritten und vierten Nebenbedingung erreicht, dass sich die neu erzeugte Sendungsstruktur weitestgehend an der Ausgangskonfiguration orientiert.

Zielfunkt.:	$\text{Max } \sum_c a_c$	Kunde $i$ , Sendungsklasse $c$ , $a$ Veränderung der Tonnage ggü. Ausgangssituation
u.d.N.:	$\sum_i t_{ic} = \text{RS}_c * \sum_{ic} t_{ic}$ for all $c$	Tonnage, die in der Sendungsklasse $c$ distribuiert wird, entspricht dem „Relative Share (RS)“ der Sendungsklasse
	$\sum_c t_{ic} = \text{demand}_i$ for all $i$	Kundennachfragen werden über alle Sendungsklassen hinweg bedient
	$t_{ic} \leq t_{ic}^I * 1/a_c$ for all $i, c$	Minimiere die Abweichung der neu erzeugten Tonnagen/Sendungen im Vergleich zur Ausgangskonfiguration I
	$t_{ic} \geq t_{ic}^I * a_c$ for all $i, c$	

DSD-Anteil der Belieferungen: Die DSD-Anteile werden unter Berücksichtigung der kundenindividuellen Sendungsgrößen je Sendungsklasse über die zu beliefernde Tonnagen für EDZ- und DSD-Kunden erhöht bzw. verringert. Damit wird eine „Umleitung“ der Tonnagen simuliert, wobei die insgesamt zu distribuierende Tonnage erhalten bleibt.

## **ANALYSE DES DISTRIBUTIONSNETZES: ERGEBNISSE**

Zunächst wurde für die Ausgangssituation die Optimalkonfiguration ermittelt. Abweichend von Drycos realer Netzstruktur wurde eine 2-Lager-Konfiguration ermittelt, mit der Kosten um 3,5% gesenkt werden können. Diese Konfiguration dient als Referenz für die nachfolgenden Analysen.

### **Einzelvariablen-/Schwellwert-Analyse**

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Schwellwertanalyse pro Variable. So verändert sich die Optimalkonfiguration von 2 Lager auf 3 Lager, wenn die

Transportkosten auf 90% oder weniger fallen. Steigen die Transportkosten auf 150% oder mehr, wird eine 3-Lager-Konfiguration optimal.

Schwellwertanalyse (Werte gerundet)	1 Lager ist optimal, wenn...	Ausgangswerte für das optimierte Distributionsnetz (2 Lager)	3 Lager sind optimal, wenn...
Transportkosten	90%	100%	150%
Warenwert	110%	100%	50%
Sendungsgröße (Anteil FTL-LTL-KS)	70%-28%-2%	61%-33%-6%	38%-37%-25%
Durchschn. Sendungsgröße	4,8 to pro Sdg.	3,3 to pro Sdg.	1,2 to pro Sdg.
DSD-Anteil (Anteil DSD-EDZ) (Anteil FTL-LTL-KS)	27%-73% (65%-30%-5%)	35%-65% (61%-33%-6%)	70%-30% (43%-46%-11%)

**Tabelle 2.** Schwellwertanalyse (ceteris paribus)

### Szenarioanalyse

Im nächsten Schritt werden die Auswirkungen plausibler Variablenkombinationen (Szenarien) analysiert, indem die Variablen gleichzeitig verändert werden. Szenario 1 unterstellt Trendverlängerungen, Szenario 2 Trendverschärfungen und Szenario 3 Trendumkehrungen. Tabelle 3 zeigt die gebildeten Szenarien und die Analyseergebnisse. Letztere beinhalten die sich jeweils ergebende Optimal- (fett geschrieben) und die Zweitbestkonfiguration.

Variable	Ausgangssituation	Sz. 1: Gleichmäßiger Trend	Sz. 2: Progressiver Trend	Sz. 3: Rückwärtstren d					
Transportkosten	100%	Steigend (130%)	Stark steigend (150%)	Konstant (100%)					
Warenwert	100%	Konstant (100%)	Leicht abnehmend (97%)	Konstant (100%)					
Anzahl d. Werke	22	Reduktion: 16	Reduktion: 10	Konstant: 22					
Sendungsgröße (Anteil FTL-LTL-KS)	61%-33%-6%	Abnehmend 60%-32%-8%	Abnehmend 59%-32%-9%	Steigend 63%-33%-4%					
Durchschn. Sendungsgröße	3,3 to pro Sdg.	3,0 to pro Sdg.	2,7 to pro Sdg.	3,8 to pro Sdg.					
DSD-Anteil	35%	Abnehmend (31%)	Stark abnehmend (28%)	Steigend (38%)					
Konfiguration (jeweils optimiert)	1 HDZ	2 HDZ	3 HDZ	2 HDZ	3 HDZ	2 HDZ	3 HDZ	1 HDZ	2 HDZ
Gesamtkosten in %	100,2	<b>100</b>	101,1	<b>120,8</b>	121,7	<b>131,3</b>	132,2	99,5	<b>99,3</b>
Transportkosten in %	106,6	<b>100</b>	96,4	<b>133,2</b>	129,4	<b>150,3</b>	146,7	105,4	<b>98,8</b>
Bestandskosten in %	66,6	<b>100</b>	129,1	<b>100,8</b>	128,9	<b>99,1</b>	126,9	66,8	<b>100</b>
Handlingkosten in %	99,5	<b>100</b>	100,5	<b>100,1</b>	100,5	<b>100,1</b>	100,6	99,5	<b>99,9</b>

**Tabelle 3.** Szenarioanalyse

Eine 2-Lager-Konfiguration ist in allen Fällen optimal. Während die Zweitbestlösungen für die Szenarien 1 und 2 jeweils 3 HDZ vorschlägt, erfordert eine Trendumkehr tendenziell weniger HDZ. Für eine gegebene Anzahl an HDZ ändert sich die geographische Lage dieser um maximal 90 km in den drei Szenarien im Vergleich zur Ausgangssituation.

## **DISKUSSION**

Die Einzelvariablenanalyse zeigt, dass jede Analysevariable prinzipiell die Optimalkonfiguration ändern kann. Wahrscheinlichkeit und Richtung der Variablenveränderungen wurden mit Rückgriff auf die FMCG-Branche im Allgemeinen aufgezeigt. Logistikverantwortliche in der Praxis werden konkretere Variablenveränderungen für das eigene Unternehmen formulieren und mit den vorliegenden Ergebnissen deren Relevanz für die robuste Ausrichtung des eigenen Netzes ableiten können. Die Szenarioanalyse zeigt ergänzend die überlagernde Wirkung paralleler Variablenänderungen. Es wird erkennbar, dass die zu erwartenden Veränderungen kompensierend wirken. Alle Szenarien favorisieren trotz der Variablenänderungen weiterhin eine 2-Lager-Konfiguration; diese ist also im Sinne dieses Aufsatzes robust. Die Ergebnisse gelten zunächst für Dryco. Andere Markenartikelhersteller, die die gleichen Handelskunden bedienen, werden jedoch sehr ähnliche Sendungs- und Kostenstrukturen besitzen und mit ähnlichen Trends konfrontiert werden. Wir gehen daher davon aus, dass die vorgestellten Ergebnisse durchaus übertragbar sind. Weiterer Forschungsbedarf besteht u. a. in der Erweiterung der Analyse um die Wirkung von Variablenänderungen auf die Logistikleistung sowie in der Validierung der Ergebnisse für weitere Unternehmen der Branche.

## **LITERATUR**

1. Otto, A. Neue Wege in der Konsumgüterdistribution in Deutschland. Verden: Mars Deutschland, 2008.
2. Chopra, S. Designing the distribution network in a supply chain, in: *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 39, 2003, pp. 123-140.
3. Boutellier, R., Kobler, R. Strategic EuroLogistics design, in: Fleischmann, B., Van Nunen, J.A.E.E., Grazia Speranza, M., Stähly, P. *Advances in Distribution Logistics*. Berlin: Springer, 1998, pp. 3-25.
4. Lalwani, C.S., Disney, S.M., Naim, M.M. On assessing the sensitivity to uncertainty in distribution network design, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 36, 2006, pp. 5-21.
5. Thonemann, U. *Supply chain excellence im Handel – Trends, Erfolgsfaktoren und Best-practice-Beispiele*. Wiesbaden: Gabler, 2005.
6. Bottani, E., Montanari, R. Supply chain design and cost analysis through simulation, in: *International Journal of Production Research*, Vol. 48, 2010, pp. 2859-2886.
7. Croxton, K.L., Zinn, W. Inventory considerations in network design, in: *Journal of Business Logistics*, Vol. 26, 2005, pp. 149-168.

8. Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Furmans, K., Tempelmeier, H. Handbuch Logistik. Berlin: Springer, 2007.
9. Statistisches Bundesamt, 2010.
10. Fleischmann, B. Designing distribution systems with transport economies of scale, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 70, 1993, pp. 31-42.
11. Shariatmadari, R. Direct store delivery: concepts, applications and instruments. Berlin: Springer, 2009.
12. Chopra, S., Meindl, P. Supply chain management: strategy, planning, and operation. Pearson Prentice Hall, 2007.
13. Drezner, Z., Hamacher, H. Facility location: Applications and theory. Berlin, New York: Springer, 2002.
14. Eiselt, H.A., Sandblom, C.-L. Decision analysis, location models, and scheduling problems. Berlin, Heidelberg: Springer, 2004.

# GESTALTUNG VON DISTRIBUTIONSNETZWERKEN BEI DER UMSETZUNG VON POSTPONEMENT-STRATEGIEN

F. Schwartz, S. Voss

*University of Hamburg - Institute of Information Systems, Department of  
Business Administration, Hamburg, Germany  
fs@econ.uni-hamburg.de*

In diesem Beitrag wird ein gemischt-ganzzahliges Optimierungsmodell vorgestellt, mit dessen Hilfe in einem Distributionsnetzwerk optimale Entscheidungen zur Realisierung von Postponement-Strategien getroffen werden können. Numerische Untersuchungen für ein fiktives Produktionssystem der Bekleidungsindustrie zeigen, dass das vorgestellte Modell für Problemstellungen realitätsnaher Größenordnungen mit kommerziell verfügbarer Software zum Lösen gemischt-ganzzahliger Optimierungsprobleme herangezogen werden kann.

This paper introduces a mixed-integer programming model that allows for decision making regarding an appropriate implementation of postponement strategies in distribution networks. By means of a case study whose design is inspired by decision support issues in the apparel industry, we show that the presented model formulation can be used to obtain solutions with (commercially) available mathematical programming software.

## **EINLEITUNG**

Moderne Produktions- und Distributionssysteme stehen zunehmend verschiedenen Anforderungen wie kürzer werdenden Produktlebenszyklen, einer stetig zunehmenden Vielfalt der angebotenen Produktvarianten sowie zunehmend schwieriger werdenden Prognosen hinsichtlich der Kundenbedarfe gegenüber. Ein Ansatz, diesen Anforderungen zu begegnen, besteht darin, Produktionsschritte zeitlich aufzuschieben oder auch örtlich in Richtung der Nachfrageseite der Supply Chain zu verschieben. Dieser Ansatz wird *Postponement* genannt. Eine charakteristische Eigenschaft des Postponement besteht darin, dass nicht bereits in einer Fabrik aus einzelnen Komponenten durch entsprechende Arbeitsschritte Fertigprodukte erstellt werden, sondern dass kunden- und/oder regionalspezifische Eigenschaften der Fertigprodukte erst dann durch entsprechende Fertigungsschritte hinzugefügt werden, wenn sie verschiedene Standorte des Distributionsnetzwerkes von der Fabrik zu den Kunden durchlaufen. Durch die Anwendung von Postponement-Strategien eröffnet sich die Möglichkeit, Kosten zu sparen und auch noch während der Produkterstellung Veränderungen in der Bedarfssituation mit zu berücksichtigen.

In diesem Beitrag wird ein gemischt-ganzzahliges Optimierungsmodell vorgestellt, das es ermöglicht, für ein Distributionsnetzwerk optimale Entscheidungen zur Umsetzung von Postponement-Strategien zu treffen.

## LITERATURÜBERSICHT

Postponement-Strategien einschließlich ihrer Vor- und Nachteile sind in der Vergangenheit in unterschiedlichem Kontext behandelt worden. Hervorzuheben sind dabei das Marketing und die Logistik einschließlich ihres Teilgebietes Supply Chain Management. Zwei frühe Beiträge in diesem Zusammenhang lieferten Alderson [1] und Bucklin [3].

Alderson, der den Begriff *Postponement* in seiner Arbeit prägte, stellt Postponement als ein vielversprechendes Konzept für das Marketing dar, das es ermöglicht, Kosten im Falle von Nachfrageunsicherheiten zu senken. Bucklin erweitert dieses Konzept auf den Bereich der Warendistribution und wirft die Frage auf, wo, wann und wie Bestände zu halten sind, um Kostenreduzierungen zu bewirken.

In einer wegweisenden Arbeit von Zinn/Bowersox [25] wird ein grundlegendes Klassifikationsschema für Postponement-Strategien vorgestellt. Die Autoren definieren das *Labeling-*, das *Packaging-*, das *Assembly-* sowie das *Manufacturing-Postponement*, deren Namen jeweils die Art der verzögert auszuführenden Operationen angeben. Es handelt sich dabei um Operationen wie Beschriften/Etikettieren, Verpacken, einen Endmontageschritt durchführen bzw. mehrere Montageschritte durchführen. Zusammengefasst werden die genannten vier Postponement-Arten als *Form-Postponement* bezeichnet. Eine grundlegend andere Form des Postponement stellt das *Time-Postponement* dar, bei dem der Transport der Fertigprodukte zum Kunden erst dann erfolgt, wenn Kundenaufträge eingegangen sind. Dieses führt zu einer Zentralisierung von Produktions- und Lageraktivitäten.

Neben der hier vorgestellten Klassifikation finden sich in der Literatur noch diverse weitere Betrachtungen, die verschiedene Ausprägungen sowie die Beschreibung der Vor- und Nachteile von Postponement-Strategien zum Gegenstand haben [4, 5, 7, 13, 14, 20, 21, 23]. Zusätzlich zu diesen deskriptiven Beiträgen existieren diverse Arbeiten, die für ausgewählte Aspekte des Postponement deren Auswirkungen quantifizieren [2, 6, 8, 11, 12, 18, 19, 22, 24].

Keiner der genannten Beiträge behandelt jedoch explizit die Implementierung von Postponement-Strategien im Zusammenhang mit der Planung eines Distributionsnetzwerkes. Erst in zwei Beiträgen der Verfasser [16, 17] wurde dieses thematisiert – zunächst mit deterministischen Bedarfen. Später wurden auch stochastische Bedarfe betrachtet [9, 10]. Zur Einführung in die Planung von Distributionsnetzwerken unter Berücksichtigung von Postponement-Strategien wird hier eine modifizierte Variante des deterministischen Grundmodells vorgestellt, die sich durch eine allgemeinere und vereinfachte Modellformulierung auszeichnet.

## STRUKTUR VON DISTRIBUTIONSNETZWERK UND PRODUKTION

Die Struktur des Distributionsnetzwerkes, das in diesem Beitrag betrachtet wird, lehnt sich an [16] an und ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Pfeile repräsentieren jeweils potenzielle Materialflüsse durch das Distributionsnetzwerk von den Fabriken in die Verkaufsregionen. Dabei werden aus der Menge aller berücksichtigten Orte jene ermittelt, in denen die erforderlichen Funktionen zur Erstellung bzw. Fertigstellung eines Produktes eingerichtet werden sollen.

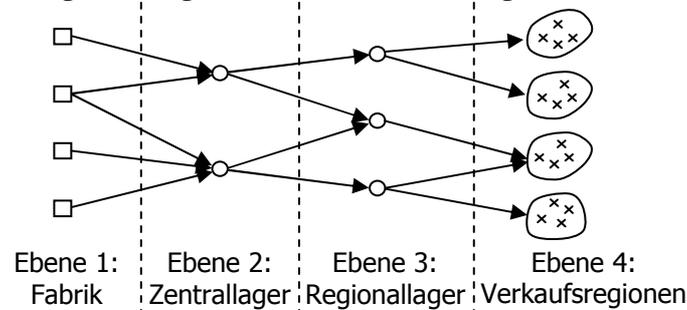


Abbildung 1: Distributionsnetzwerk mit vier Ebenen [16]

Es wird zugelassen, dass Fertigungsschritte bei grundsätzlich gleichbleibender Reihenfolge zeitlich verzögert durchgeführt werden können, oder aber dass zusätzlich auch noch Vertauschungen in der Bearbeitungsreihenfolge möglich sind, wodurch ausgewählte Bearbeitungsschritte verzögert erfolgen. Potenzielle Standorte, in denen die Schritte zur Erstellung eines Fertigproduktes durchgeführt werden können, sind im vorliegenden Fall neben den Fabriken die Zentral- und die Regionallager.

Gemäß einem fiktiven Anwendungsbeispiel, das sich an ein Beispiel aus der Bekleidungsindustrie anlehnt [5], startet die Herstellung von Kleidungsstücken in dem betrachteten Produktions- und Distributionsnetzwerk mit dem Färben von Garn. Daran schließt sich das Stricken des Garns an. Verschiedene Kleidungsstücke, die jeweils unterschiedliche Produkte repräsentieren, werden ausgehend von der Bekleidungsfabrik in die verschiedenen Verkaufsregionen transportiert, um die dort bestehenden Bedarfe zu befriedigen. Da das Stricken des Garns einen relativ langsamen Prozessschritt darstellt, ist es erforderlich, hohe Bestände an Fertigprodukten vorzuhalten, um die Kundenbedarfe in angemessener Weise zu befriedigen. Dennoch kann der Fall eintreten, dass einige stark nachgefragte Farben schnell ausverkauft sind, während andere weniger nachgefragte Farben in den Lagern verbleiben.

Als Lösung für diese Problematik wird in [5] vorgeschlagen, die Kleidungsstücke zunächst aus entfärbtem Garn zu stricken und erst später zu färben, z.B. erst dann, wenn genauere Prognosen hinsichtlich der nachgefragten Farben vorliegen. Dieses würde einer Änderung der Prozessabfolge entsprechen. In Abbildung 2 sind die traditionelle und die modifizierte Prozessstruktur dargestellt. Es zeigt sich, dass der Übergang vom ungefärbten zum gefärbten Erzeugnis und damit der Punkt der Produktspezifizierung durch die Vertauschung der Prozessschritte in der Supply Chain nach hinten gewandert ist.

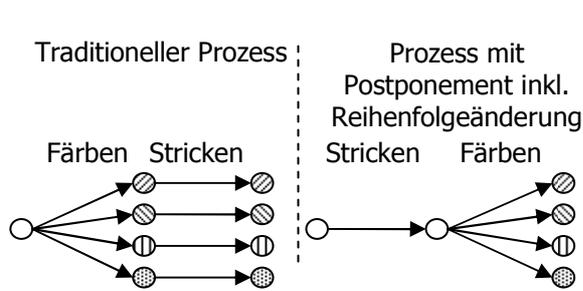
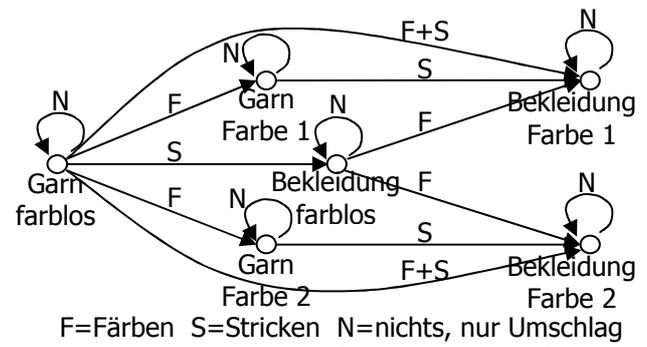


Abbildung 2: Struktur des traditionellen und des modifizierten Herstellungsprozesses [15]



F=Färben S=Stricken N=nichts, nur Umschlag  
Abbildung 3: Mögliche Prozessabfolgen

Abbildung 3 enthält eine Darstellung von möglichen Prozessabfolgen der Produktion. In Abhängigkeit des jeweiligen Pfades wird darin ein Prozess mit der Reihenfolge Färben und Stricken oder aber mit der Reihenfolge Stricken und Färben beschrieben. Die Fertigungsschritte Färben und Stricken brauchen nicht in einer Fabrik ausgeführt zu werden. Stattdessen können sie auch in einem nachfolgenden Ort ausgeführt werden, wie z.B. in einem Zentral- oder Regionallager. In diesem Fall erfolgt dann die Umsetzung einer Postponement-Strategie.

### MODELLFORMULIERUNG

Das Modell für die kostenminimale Bestimmung von Postponement-Strategien in einem Distributionsnetzwerk stellt ein gemischt-ganzzahliges Optimierungsmodell dar. Folgende Notation wird in dem Modell verwendet:

Indexmengen:

- $P$  Indexmenge der Produkte (Komponenten/Halbfertig- und Fertigprodukte)
- $F$  Indexmenge der Funktionen zur Durchführung von Fertigungsschritten
- $I$  Indexmenge der Orte im Distributionsnetzwerk
- $I^{sup} \subseteq I$  Indexmenge der Angebotsorte im Distributionsnetzwerk
- $J^{dem} \subseteq I$  Indexmenge der Nachfrageorte im Distributionsnetzwerk
- $FI$  Indexmenge der durchführbaren Funktionen  $f \in F$  in den Orten  $i \in I$
- $PQFI$  Indexmenge der Produkte  $p \in P$ , die in Produkte  $q \in P$  umgewandelt werden können unter Verwendung von Funktion  $f \in F$  in Ort  $i \in I$
- $IJ$  Indexmenge der Transportverbindungen von Ort  $i \in I$  nach Ort  $j \in I$
- $QJ^{dem}$  Indexmenge der Produkte  $q \in P$ , die in den Orten  $j \in J^{dem}$  nachgefragt werden
- $PI^{sup}$  Indexmenge der Produkte  $p \in P$ , die in den Orten  $i \in I^{sup}$  angeboten werden

Entscheidungsvariablen:

- $x_{pq\bar{i}}$  Menge von Produkt  $p \in P$ , die mit Funktion  $f \in F$  in Ort  $i \in I$  in Produkt  $q \in P$  umgewandelt wird

- $z_{pij}$  Menge von Produkt  $p \in P$ , die von Ort  $i \in I$  nach Ort  $j \in I$  transportiert wird
- $y_{fi}^x$  1, wenn Funktion  $f \in F$  in Ort  $i \in I$  eingerichtet wird, 0 sonst
- $y_{ij}^z$  1, wenn eine Transportverbindung von Ort  $i \in I$  nach Ort  $j \in I$  eingerichtet wird, 0 sonst

Parameter:

- $c_{fi}^x$  Kostensatz pro Ausübung von Funktion  $f \in F$  in Ort  $i \in I$
- $c_{pij}^z$  Kostensatz für den Transport einer Mengeneinheit von Produkt  $p \in P$  von Ort  $i \in I$  nach Ort  $j \in I$
- $c_{fi}^{y-x}$  Fixkostensatz für das Einrichten von Funktion  $f \in F$  in Ort  $i \in I$
- $c_{ij}^{y-z}$  Fixkostensatz für das Einrichten einer Transportverbindung von Ort  $i \in I$  nach Ort  $j \in I$
- $U_{pfi}^x$  Kapazitätsgrenze für die Bearbeitung von Produkt  $p \in P$  mit Funktion  $f \in F$  in Ort  $i \in I$
- $U_{pij}^z$  Kapazitätsgrenze für den Transport von Produkt  $p \in P$  von Ort  $i \in I$  nach Ort  $j \in I$
- $dem_{qj}$  Nachfrage von Produkt  $q \in P$  in Ort  $j \in J^{dem}$
- $sup_{pi}$  Angebotsmenge von Produkt  $p \in P$  in Ort  $i \in I^{sup}$

Unter Verwendung obiger Notation wird das Problem  $P$  wie folgt formuliert:

$$\min P = \sum_{(p,q,f,i) \in PQFI} c_{fi}^x x_{pqfi} + \sum_{(i,j) \in IJ} c_{pij}^z z_{pij} + \sum_{(f,i) \in FI} c_{fi}^{y-x} y_{fi}^x + \sum_{(i,j) \in IJ} c_{ij}^{y-z} y_{ij}^z \quad (1)$$

unter Berücksichtigung folgender Nebenbedingungen:

In Standorte eingehende bzw. aus Standorten herausgehende Materialflüsse:

$$\sum_{(i,j) \in IJ} z_{pij} = \sum_{(p,q,f,j) \in PQFI} x_{pqfj} \quad \forall p \in P, j \in I \setminus (I^{dem} \cup I^{sup}) \quad (2)$$

$$\sum_{(p,q,f,i) \in PQFI} x_{pqfi} = \sum_{(i,j) \in IJ} z_{qij} \quad \forall q \in P, i \in I \setminus I^{dem} \quad (3)$$

Nachfragebedingungen bzw. Angebotsbedingungen:

$$\sum_{(i,j) \in IJ} z_{qij} \geq dem_{qj} \quad \forall (q,j) \in QJ^{dem} \quad (4)$$

$$\sum_{(p,q,f,i) \in PQFI} x_{pqfi} \leq sup_{pi} \quad \forall (p,i) \in PI^{sup} \quad (5)$$

Anlagenkapazitäten bzw. Transportkapazitäten:

$$\sum_{(p,q,f,i) \in PQFI} \frac{x_{pqfi}}{U_{pfi}^x} \leq y_{fi}^x \quad \forall (f,i) \in FI \quad (6)$$

$$\sum_{p \in P} \frac{z_{pij}}{U_{pij}^z} \leq y_{ij}^z \quad \forall (i,j) \in IJ \quad (7)$$

Darüber hinaus sind die Entscheidungsvariablen  $x_{pqfi}$  und  $z_{pij}$  nichtnegativ, die Variablen  $y_{fi}^x$  und  $y_{ij}^z$  stellen Binärvariablen dar.

Zielfunktion (1) enthält variable Kosten für die Durchführung von Fertigungsschritten sowie für den Transport der Halb- und Fertigprodukte und fixe Infrastrukturkosten für die Einrichtung der Ressourcen zur Durchführung von Fertigungsschritten und für die Einrichtung von Transportverbindungen. In (2) wird angegeben, in welcher Weise die in einen Standort eingehenden Produkte in diesem weiterverarbeitet werden. (3) gibt an, aus welchen Produkten Produkte, die einen Standort verlassen, erzeugt wurden. (4) und (5) stellen sicher, dass die Nachfragemengen an Endprodukten befriedigt werden bzw. nicht mehr als die maximal verfügbaren Mengen an Vorprodukten in den Fertigungsprozess eingehen. (6) und (7) stellen jeweils die Kapazitätsnebenbedingungen für die Durchführung von Fertigungsschritten bzw. den Transport der Güter dar. Die Binärvariablen in (6) geben jeweils an, ob die entsprechende Funktion zur Durchführung eines Bearbeitungsschrittes in einem betrachteten Ort implementiert wird; die Binärvariablen in (7) geben jeweils an, ob ein Transportweg in dem Distributionsnetzwerk eingerichtet wird. Betrachtet wird ein Distributionsnetzwerk mit zwei Fabriken, vier Zentrallagern, zehn Regionallagern sowie 50 Verkaufsregionen. Als Produkte existieren eine Sorte ungefärbtes Garn, zehn verschiedene Sorten ungefärbte Kleidungsstücke, Garn in zehn verschiedenen Farben sowie jede Sorte eines Kleidungsstückes in jeweils zehn verschiedenen Farben, d.h. insgesamt 100 verschiedene Sorten gefärbter Kleidungsstücke. Für die Fabriken werden jeweils die maximalen Angebotsmengen für das ungefärbte Garn, für die Verkaufsregionen jeweils die mindestens zu erfüllenden Bedarfe für die gefärbten Kleidungsstücke vorgegeben. Bei der Bestimmung der zu berücksichtigenden Kosten wird auf allgemein anerkannte Angaben aus der Postponement-Literatur zurückgegriffen [11, 23].

Die durchgeführten Testrechnungen umfassen zwei Gruppen an Probleminstanzen: Bei der ersten Gruppe wird zu Vergleichszwecken zunächst an der ursprünglichen Organisation der Produktion festgehalten, das heißt, dass die Fertigprodukte bereits in den Fabriken erstellt werden und keine Postponement-Strategie verfolgt wird. Bei der zweiten Gruppe wird sowohl eine verzögerte Durchführung von Bearbeitungsschritten als auch eine Vertauschung der Bearbeitungsschritte Färben und Stricken zugelassen. Ferner erfolgt eine Variation der Fertigungskapazitäten in den Standorten und der Transportkapazitäten zwischen den Standorten.

## **NUMERISCHE ERGEBNISSE**

Das gemischt-ganzzahlige Optimierungsmodell wurde mit AMPL implementiert. Die Lösungen wurden mit einem Solver IBM ILOG CPLEX 12 auf einem Linux-Server (Intel Xeon X5570 Prozessor, 33 GB RAM) ermittelt und in Auszügen in Tabelle 1 dokumentiert. Die Rechenzeiten sind als praktikabel anzusehen.

Faktor für Kapazität [-]*	Kein Postponement zugelassen			Postponement möglich		
	Zielfunktionswert [GE]	Prozessstruktur†	CPU-Zeit [s]	Zielfunktionswert [GE]	Prozessstruktur†	CPU-Zeit [s]
1,0	keine Lösung	–	–	21490120,2	FS_N_N, N_FS_N, S_F_N, F_S_N	68,12
2,0	keine Lösung	–	–	18778392,8	FS_N_N, S_F_N	115,29
3,0	keine Lösung	–	–	17981406,0	FS_N_N, S_F_N	66,19
4,0	18831720,0	FS_N_N	11,97	17472829,2	FS_N_N, S_F_N	19,46
6,0	18093543,9	FS_N_N	14,15	17390768,4	FS_N_N, S_F_N	17,02
8,0	17416078,8	FS_N_N	11,64	17354580,4	FS_N_N, S_F_N	67,90
10,0	17375270,0	FS_N_N	3,06	17323852,0	FS_N_N, S_F_N	5,74
12,0	17359708,0	FS_N_N	2,53	17319006,0	FS_N_N, S_F_N	4,15
14,0	17359708,0	FS_N_N	2,55	17318843,6	FS_N_N, S_F_N	3,31
64,0	17359708,0	FS_N_N	2,59	17318843,6	FS_N_N, S_F_N	29,45

Tabelle 1: Ergebnisse der Testrechnungen. \* Korrekturfaktor für Berechnung der Kapazität basierend auf einer Basiskapazität. † Abkürzungen für die Funktionen: F (Färben), S (Stricken), FS (kombiniertes Färben und Stricken), N (keine Aktion), Buchstabenposition kennzeichnet den Ort (links: Fabrik, mittig: Zentrallager, rechts: Regionallager).

Tabelle 1 zeigt für den Fall nicht berücksichtigter Postponement-Strategien, dass erst ab einer bestimmten Kapazität zulässige Lösungen gefunden werden. Ist eine optimale Lösung bei sehr knapp bemessenen Kapazitäten zu ermitteln, so führt dieses zu relativ langen Rechenzeiten. Ist eine Umsetzung von Postponement-Strategien gestattet, so wird diese Möglichkeit mit der Folge geringerer Gesamtkosten auch genutzt. Neben der ursprünglichen Organisation von Produktion und Distribution wird ein Teil der Kleidungsstücke in den Fabriken lediglich gestrickt, um erst dann in den Zentrallagern gefärbt zu werden. Bei sehr knapper Kapazität wird für einen anderen Teil der Kleidungsstücke auch eine umgekehrte Reihenfolge vorgegeben. Zusätzlich werden in diesem Fall Kleidungsstücke im Zentrallager gemeinsam gestrickt und gefärbt.

## ZUSAMMENFASSUNG

Für das vorgestellte Optimierungsmodell konnte in Testrechnungen dessen Anwendbarkeit anhand eines fiktiven Produktionssystems, das sich an ein Produktionssystem aus der Bekleidungsindustrie anlehnt, aufgezeigt werden. Daher leistet der vorgestellte Ansatz einen wertvollen Beitrag für das Supply Chain Management. Darüber hinaus eröffnet er ein breites Betätigungsfeld für vielversprechende weitere Forschungsaktivitäten.

## LITERATURVERZEICHNIS

1. Alderson, W. Market efficiency and the principle of postponement, in: *Cost and Profit Outlook*, Vol. 3, 1950, September, pp. 15-18.
2. Appelqvist, P., Gubi, E. Postponed variety creation: Case study in consumer electronics retail, in: *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 33, 2005, 10, pp. 734-748.
3. Bucklin, L.P. Postponement, speculation and structure of distribution channels, in: *Journal of Marketing Research*, Vol. 2, 1965, pp. 26-32.

4. Cooper, J.C. Logistics strategies for global business, in: *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 23, 1993, 4, pp. 12-23.
5. Dapiran, P. Benetton – Global logistics in action, in: *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 22, 1992, 6, pp. 7-11.
6. Ernst, R., Kamrad, B. Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 124, 2000, pp. 495-510.
7. Feitzinger, E., Lee, H.L. Mass customization at Hewlett-Packard: The power of postponement, in: *Harvard Business Review*, Vol. 75, 1997, 1, pp. 116-121.
8. Garg, A., Tang, C.S. On postponement strategies for product families with multiple points of differentiation, in: *IIE Transactions*, Vol. 29, 1997, pp. 641-650.
9. Guericke, S., Koberstein, A., Schwartz, F., and Voß, S. A stochastic model for implementing postponement strategies in distribution networks, in: *Proceedings of the 44th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. Kauai, HI, USA, 2011.
10. Guericke, S., Koberstein, A., Schwartz, F., and Voß, S. (2012) A stochastic model for the implementation of postponement strategies in global distribution networks, forthcoming in *Decision Support Systems*, DOI: 10.1016/j.dss.2012.01.010
11. Lee, H.L., Billington, C., and Carter, B. Hewlett-Packard gains control of inventory and service through design for localization, in: *Interfaces*, Vol. 23, 1993, 4, pp. 1-11.
12. Ma, S., Wang, W., and Liu, L. Commonality and postponement in multistage assembly systems, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 142, 2002, pp. 523-538.
13. Mikkola, J.H., Skjøtt-Larsen, T. Supply-chain integration: Implications for mass customization, modularization and postponement strategies, in: *Production Planning & Control*, Vol. 15, 2004, 4, pp. 352-361.
14. Pagh, J.D., Cooper, M.C. Supply chain postponement and speculation strategies: How to choose the right strategy, in: *Journal of Business Logistics*, Vol. 19, 1998, 2, pp. 13-33.
15. Shen, T. A framework for developing postponement strategies, in: *MIT Center for Transportation and Logistics, Postponement Project Working Paper*, February, 23, 2005.
16. Schwartz, F., Voß, S. Distribution network design with postponement, in: Oberweis, A., Weinhardt, C., Gimpel, H., Koschmider, A., Pankrätius, V., and Schnizler, B. (eds.), *e-Organisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering*, Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe, 2007, S. 373-390.
17. Schwartz, F., Voß, S. Designing distribution networks taking into account aspects of postponement, in: Ceroni, J.A. (ed.), *The Development of Collaborative Production and Service Systems in Emergent Economies, Proceedings of the 19th International Conference on Production Research, IFPR*, Valparaiso, Chile, 2007, Tu3.4-6, 6 pages.
18. Skipworth, H., Harrison, A. Implications of form postponement to manufacturing: A case study, in: *International Journal of Production Research*, Vol. 42, 2004, pp. 2063-2081.
19. Swaminathan, J.M., Tayur, S.R. Managing design of assembly sequences for product lines that delay product differentiation, in: *IIE Transactions*, Vol. 31, 1999, pp. 1015-1026.
20. van Hoek, R.I. Reconfiguring the supply chain to implement postponed manufacturing, in: *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, 1998, 1, pp. 95-110.
21. van Hoek, R.I. The rediscovery of postponement: A literature review and directions for research, in: *Journal of Operations Management*, Vol. 19, 2001, 2, pp. 161-184.
22. Wong, H., Wikner, J., and Naim, M. Analysis of form postponement based on optimal positioning of the differentiation point and stocking decisions, in: *International Journal of Production Research*, Vol. 47, 2009, pp. 1201-1224.
23. Yang, B., Burns, N. Implications of postponement for the supply chain, in: *International Journal of Production Research*, Vol. 41, 2003, pp. 2075-2090.
24. Yeh, C., Yang, H.-C. A cost model for determining dyeing postponement in garment supply chain, in: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 22, 2003, 1-2, pp. 134-140.
25. Zinn, W., Bowersox, D.J. Planning physical distribution with the principle of postponement, in: *Journal of Business Logistics*, Vol. 9, 1988, 2, pp. 117-136.

# **ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ В МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ И ДИСТРИБУЦИЕЙ**

**Д.А. Иванов\*, М.А. Иванова\*\***

*\*Берлинская школа экономики и права*

*\*\*Технический университет Хемниц*

*E-Mail: divanov@hwr-berlin.de*

Рассмотрена проблема практической реализации интегрированных математических моделей для оптимизации запасов и сетей дистрибуции в многоуровневых цепях поставок с учетом организации предприятия и информационных технологий. Определены взаимовлияние организации предприятия, информационных технологий и интегрированной оптимизации ЦП, а также роль, области применения и границы интегрированной оптимизации ЦП. Сделан вывод, что для практического использования математически объединенных функций необходима их интеграция в информационно-организационной среде принятия решений на предприятии.

## **PRACTICAL ISSUES IN MULTI-STAGE INVENTORY AND DISTRIBUTION SYSTEMS OPTIMIZATION: LESSONS LEARNED IN PROJECTS WITH RUSSIAN ENTERPRISES**

**Dmitry Ivanov, Marina Ivanova**

*\*Berlin School of Economics and Law, \*\*TU Chemnitz*

*E-Mail: divanov@hwr-berlin.de*

Based on two recent projects in optimization of multi-stage inventory and distribution systems in Russia, up-to-date practical issues are considered subject to organizational changes, information systems support, and mathematical models. In particular, issues of mutual influence of the integrated optimization and organizational re-engineering are discussed. Assumptions of known mathematical models are analysed regarding practical applicability subject to collaboration and coordination in the enterprise and cross-enterprise supply chains.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Учитывая, что интеграция и координация являются ключевыми элементами SCM, современной тенденцией является разработка интегрированных моделей оптимизации ЦП в целом, а не ее локальных участков или функций управления на предприятии [10,29,35,36]. Началом исследований в данном направлении принято считать работы по многоуровневому управлению запасами (multi-echelon inventory management) [1,11,12,14,22,30,34]. К настоящему времени разработаны различные интегрированные модели оптимизации ЦП, в частности, интегрированные модели планирования структуры ЦП и определения объемов поставок (мо-

дели типа location-allocation и capacitated plant location) [2,10,15,21,28,33], модели интегрированного планирования производства, дистрибуции и транспортировки (production-distribution, lot-sizing and transportation or scheduling-routing) [6,7,13,20,21,24,27,31,34], модели интегрированного объемного планирования и планирования размера партий поставок (production/transportation and batching) [7-9,17,25], модели интегрированного тактического планирования и оперативного планирования расписаний (integrated planning and scheduling) [7,9], модели интегрированного планирования запасов и транспортировки (inventory-routing problems) [38], модели интегрированного планирования расписаний, дистрибуции и маршрутов (integrated scheduling, distribution and routing planning) [7,8], в т.ч. с учетом возможности гибкости выбора процесса на множестве заданных альтернатив (integrated process planning and scheduling) [23] и др.

Результаты данных исследований показывают, что во многих случаях интегрированная оптимизация дает лучшее решения для всей цепи поставок по сравнению с локальными моделями. Вместе с тем, при практическом внедрении данных моделей возникает целый ряд проблем. Во-первых, локальными моделями (например, планирование размера партий закупок или расчет страхового запаса) могут в явном виде пользоваться вполне конкретные отделы и службы на предприятии, т.к. используемые данные и результаты расчетов данных моделей соответствуют компетенции данной службы или отдела.

В случае, например, интегрированной производственно-дистрибуционной модели зачастую остается непонятным, как в реальной жизни наполнить эту модель данными, которые рассредоточены по разным отделам и модулям ERP систем. Также во многих случаях на предприятии просто отсутствует человек, который имел бы достаточно компетенции для принятия решения на основе расчетов данной модели, которые затрагивают интересы различных служб предприятия. В этой связи возникает целый ряд вопросов, которые получили на данный момент лишь эпизодическое упоминание в отечественной и зарубежной литературе, в частности:

- Взаимовлияние организации предприятия и интегрированной оптимизации ЦП,
- Взаимовлияние информационных технологий и интегрированной оптимизации ЦП,
- Роль, области применения и границы интегрированной оптимизации.

Системный подход к анализу этих предметных областей представлен в данной статье.

## **ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ И ИНТЕГРИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЦЕПИ ПОСТАВОК**

Рассмотрим типовую организационную структуру служб предприятия, отвечающих за управление цепями поставок. Данная структура включает в

себя управление сбытом, дистрибуцией, производством, закупками, складом и транспортом. Теперь рассмотрим типовую модель интегрированной оптимизации цепи поставок, например модель «интегрированное планирование транспортно-дистрибуционной сети»:

"Известно множество продуктов. Известно три типа участников сети поставок: 1) Поставщики, 2) Дистрибуционные центры (ДЦ), 3) Потребители (магазины). Таким образом, рассматривается двухэшелонная задача. Заданы агрегированные объемы спроса и поставок в год: для каждого потребителя задан максимальный спрос в год и для каждого поставщика задан максимально возможный объем поставок в год. Для каждого ДЦ задана максимальная мощность по приему, хранению и отправке грузов. Также может быть задана средняя величина запаса для учета колебаний спроса и стоимость хранения запасов. Известны стоимости перевозки единицы продукта (измерять можно тоннами или машинами одинаковой грузоподъемности). Известны мощности транспортных средств. Целесообразно учесть возможность различной частоты поставок (ежедневно или раз в месяц), разной цены транспортировки в зависимости от уровня загрузки транспортного средства и требование на минимизацию порожних и неполных ездов. Возможно наличие нескольких видов транспортных средств с разными мощностями и затратами на перевозку.

Требуется в единой модели определить, какие поставщики в какие ДЦ будут поставлять продукцию и какие клиенты будут обслуживаться с какого ДЦ так, чтобы спрос каждого потребителя был максимально удовлетворен, совокупные затраты на транспортировку и хранение в сети поставок были минимальны и не были нарушены ограничения на максимальные объемы поставок, мощности ДЦ и транспортных средств и спроса для каждого участника."

Данная модель может быть в общем случае сформулирована в следующем виде на основе комбинации методов линейного программирования (ЛП) и оптимального управления. В данной модели формируется транспортно-дистрибуционная сеть и план дистрибуции на длительную перспективу. Вместе с тем, как становится очевидным из постановки задачи, *исходные данные* для интегрированной оптимизации должны быть получены от различных служб в оргструктуре SCM. Более того, *многокритериальная целевая постановка* подразумевает необходимость компромисса между различными отделами предприятия.

Помимо этого, существуют разные «локальные» цели на разных участках ЦП: максимизация загрузки мощностей и минимизация длительности производственного цикла (суммарное время выполнения всех операций по всем заказам) в производстве, снижение порожних ездов и штрафов за простой в транспортировке, снижение уровня запасов и затрат на их пополнение в закупках, максимальная гибкость (как можно более полное выполнение заказов клиентов с четким определением и минимизацией сроков поставки) в дистрибуции.

Следующая проблема связана с использованием результатов расчетов. В условиях локальной компетенции служб в оргструктуре SCM результаты данной интегрированной оптимизации могут быть использованы лишь как некий *эталон*, но не как решение, которое можно воплотить в жизнь в силу разрозненности интересов различных служб. Таким образом, можно определить следующие *основные организационные условия* применения интегрированных оптимизационных моделей на практике:

- интеграция функций управления предприятием с позиций целостной оптимизации ЦП,
- формирование единой системы управления данными на предприятии,
- четкое определение критериев оптимизации цепей поставок и их приоритетов (например, важность уровня сервиса, снижения затрат, или минимизации простоя порожней тары).

При соблюдении этих условий, помимо основного назначения этой *расчетной модели*, она может выполнять еще целый ряд *аналитических функций*, связанных с расчетами в других моделях, и давать ответы, в частности, на следующие вопросы:

- нужны ли промежуточные центры или выгоднее прямые поставки в магазины?
- достаточны ли имеющиеся транспортные и складские мощности и какие их резервы нужно поддерживать?
- Какие маршруты транспортировки лучше использовать (задача Inventory-Routing)?
- Нет ли необходимости пересмотреть месторасположение складов (связь с моделями Facility Planning и задачей Location-Allocation) или открыть/закрыть распр. центры?
- Нет ли необходимости пересмотреть решения по страховым запасам (связь с моделями управления запасами - Inventory Management)?
- Интегрированно проанализировать оптимизированные с позиций минимизации транспортных затрат планы дистрибуции, просчитанные с некоторыми заданными интенсивностями перевозок и размеров партий поставок, и сами размеры партий поставок, оптимизированные в моделях управления запасами с учетом минимизации складских и закупочных издержек.

С учетом вышеупомянутых расчетных и аналитических функций, можно определить *основные направления* применения интегрированных оптимизационных моделей:

- получение эталонного решения «глобальной» оптимизации ЦП,
- расчет интегрированных планов, улучшающих общие показатели эффективности предприятия в целом и всей ЦП, а не ее локальных участков и функций управления предприятием,

- координация действий участников ЦП при наличии интегрированно-го оптимального решения для всей ЦП,
- доказательство эффективности интеграции функций управления предприятием с позиций SCM,
- аналитическая функция интеграционных моделей, на основе которых можно комплексно увидеть влияние локальных изменений на общую эффективность ЦП (например, что выгоднее с точки зрения затрат для улучшения обслуживания клиентов (повышения уровня сервиса): открыть новые склады или увеличить транспортные мощности).

Особенно эффективным использованием интегрированных оптимизационных моделей является для координаторов ЦП, например провайдеров логистических услуг 3 PL и 4 PL. С учетом определенных выше основных организационных условий и направлений применения интегрированных оптимизационных моделей возможен переход к их реализации в информационных системах.

## **ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНТЕГРИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЦП**

Для поддержки принятия решений, в применяемых в настоящее время ИТ (в частности, APS-системах), как правило, используются локальные модули [35]. Анализ же модели из §2 показывает, что для ее решения необходима информация из различных модулей APS системы. Поэтому, несмотря на наличие всех необходимых функций управления ЦП, APS системы не реализуют главную идею SCM – интеграцию и координацию этих функций. Безусловно, локальные модели и модули ИТ необходимы, но без наличия интегрированных моделей и их программной реализации такие информационные системы не являются полноценными для SCM.

Вместе с тем, очевидно, что разработчики APS систем не в состоянии кардинально изменить их структуру в короткие сроки. Поэтому выделим несколько основных направлений применения интегрированных оптимизационных моделей с учетом реалий современных ИТ:

- Использование дополнительных оптимизационных систем, например ILOG или AnyLogic, для реализации интегрированных моделей с ручной или автоматизированной передачей данных из ERP и APS систем,
- Создание специальных программ для реализации интегрированных оптимизационных моделей «под заказ» для конкретного предприятия

В заключении данного параграфа отметим, что APS системы являются лишь частью ИТ для SCM. Для полной реализации интегрированных моделей необходимо использование целого ряда других ИТ, в частности мобильных технологий на основе RFID и навигационных систем.

## ИНТЕГРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ

На практике, проблема управления запасами является одной из основных в SCM. Основной целью управления запасами является нахождение такого уровня запасов, который бы позволил максимально повысить устойчивость цепи поставок и снизить время выполнения заказа без увеличения затрат или снижения времени реакции на рыночные изменения.

Можно выделить три основные группы моделей по управлению запасами:

- оптимизация страховых запасов и поддержание необходимого уровня наличия товаров (уровня доступности или уровня сервиса),
- управление запасами в одноступенчатых системах,
- многоуровневое управление запасами,

Для оптимизации страховых запасов используются различные стохастические модели. Модели оптимизации уровня доступности продукции направлены на определение величины запаса исходя из заданных требований на складской уровень сервиса ( $\alpha$ ,  $\beta$  или  $\chi$ ) и носят стохастический характер.

Для управления запасами в одноступенчатых системах используются модели для различных стратегий исходя из методики определения величины хранимого запаса (оптимального размера партии закупки – EOQ) и точки запуска заказа на пополнение запасов.

Модели *многоуровневого управления запасами* рассматривают одновременно несколько складов и дистрибуционных центров и основаны на балансировке спроса, времени поставок и производного от них определением размера партий поставок. Особый эффект от многоуровневого управления запасами достигается при использовании концепций координации в интегрированной цепи поставок.

В расчетах должны учитываться мощности поставщиков, а также ритмичность поставок и точка перезаказа для оптимизации размера частичных поставок (поставок деталей, частей) и определение уровня складских запасов, базирующихся на результатах планирования спроса и дистрибуционной сети. В частности, здесь должны определяться  $s$  – точка заказа (величина запаса, при которой нужно пополнение запаса),  $r$  – цикл закупки (временной интервал между двумя закупками),  $q$  – количество закупаемого материала,  $S$  – уровень запаса (т.е. величина запаса, до которой нужно закупить материалы).

Из комбинаций этих параметров можно классифицировать ряд стратегий планирования запасов и закупок, к основным из которых относятся:

- $(s, q)$ -стратегия – в моменты времени, когда достигнут уровень сигнального запаса  $s$ , закупается постоянное количество материала  $q$ ,
- $(r, S)$ -стратегия – через определенные постоянные интервалы времени  $r$  закупается столько материала, чтобы достигнуть уровня запаса  $S$ ,

- $(s, S)$ -стратегия – как и в стратегии  $(s, q)$ , закупка осуществляется, когда достигнут уровень сигнального запаса  $s$ , но закупается столько материала, чтобы достигнуть уровня запаса  $S$ .

Недостатком стратегии  $(s, q)$  является возникновение дефицита, а стратегий  $(r, S)$ ,  $(s, S)$  – существенная дисперсия объемов закупаемых материалов. Кроме того, стратегии управления запасами должны рассматриваться в комплексе с задачами общего снижения затрат в цепи поставок, обеспечения необходимого уровня сервиса, гибкости и надежности. Подробно эти и другие стратегии рассмотрены в специальной литературе [37].

Одной из важнейших практических проблем пополнения запасов и расчет оптимальных партий поставок является неопределенность спроса и времени поставок. Для учета этой неопределенности широко используются *страховые запасы*. Вся совокупность разработанных на данный момент модель определения страховых запасов можно представить в следующем виде:

1. Стратегии формирования страхового запаса
  - 1.1.1. установка вручную
  - 1.1.2. установка по времени покрытия прогнозного спроса
  - 1.1.3. с учетом ABC классификации
  - 1.1.4. установка по статистическим данным
    - 1.1.4.1. по целевому уровню обслуживания с учетом вариативности спроса
    - 1.1.4.2. по целевому уровню обслуживания с учетом вариативности времени исполнения заказа
  - 1.1.5. автоматическое определение уровня по критерию максимизации прибыли с учетом всех вариаций
  - 1.1.6. виды уровня обслуживания (уровня сервиса)
  - 1.1.7. используемые при расчетах вероятностные распределения
    - 1.1.7.1. нормальное
    - 1.1.7.2. логнормальное
    - 1.1.7.3. показательное
    - 1.1.7.4. пуассоновское
    - 1.1.7.5. другие
  - 1.1.8. Учет уже размещенных заказов на закупку (диспозиционный запас)
    - 1.1.8.1. Учет товара в пути
    - 1.1.8.2. Учет поступивших заказов клиентов
    - 1.1.8.3. Учет сроков годности товара
    - 1.1.8.4. Учет затрат времени на доставку
    - 1.1.8.5. Проверка АТР / СТР
  - 1.1.9. Учет точности прогнозирования спроса и среднего отклонения.

Для анализа эффективности управления запасами используется целый ряд показателей, основными из которых являются:

**Анализ эффективности:**

$$1. \text{Оборот запасов} = \frac{\text{Затраты проданных товаров}}{\text{Средняя стоимость запасов}}$$

Объем запасов для удовлетворения спроса, [5;50]

$$2. \text{Цикл поставки} = \frac{\text{Средняя стоимость запасов}}{(\text{Затраты по проданным товарам}) / 365}$$

Сколько дней (недель) запасы доступны в любой момент времени; в автомобилестроении около 60 дней

$$3. \text{Степень пополнения} = \frac{\text{Заказы клиента, выполненные в течении 1 дня}}{\text{Все заказы клиента}}$$

Доля заказов, сделанных клиентом у поставщика (ДЦ), поставка по которым осуществлена в течении 1 дня; характеризует скорость движения запасов, 95-97%.

Рис. 1. Основные показатели эффективности управления запасами

Особо отметим, что в российской практике часто используется стоимость проданных товаров числители показателя «оборот запасов». Это автоматически приводит к увеличению оборачиваемости запасов и мнимому высокому показателю эффективности работы. Более корректно учитывать все же затраты на покупку этих изделий, чтобы исключить влияние прибыли или колебания цен на расчет фактической эффективности. Использование стоимости вместо затрат может быть, однако, оправданно в том случае, если имеет место существенное колебание как закупочных, так и продажных цен.

*Задачей многоуровневого управления запасами*, в отличие от одноуровневых систем, является оптимальное размещение запасов в ЦП. Практика показала преимущества интегрированного управления запасами в производственной, дистрибуционной и розничной частях ЦП. Такой вид управления запасами называется многоуровневым, а системы, соответственно, получили название многоуровневых систем управления запасами (multi-echelon inventory systems). Работы по оптимизации подобных систем начались еще 60-х гг. 20 в. [3,14] и активно продолжают по нынешний день как для детерминированного, так и для стохастического спроса [22] с возможностью учета контрактов на поставки [5] или даже с одновременным планированием уровня запасов и месторасположения складов [28].

Преимущества интегрированной оптимизации запасов в ЦП состоят в сокращении «замороженного капитала», повышении уровня сервиса и оборачиваемости запасов. Последний показатель (см. рис 1) является с практической точки зрения одним из важнейших и отличает успешные компании от менее успешных.

В литературе принято различать типологии многоуровневых систем управления запасами (рис. 2).

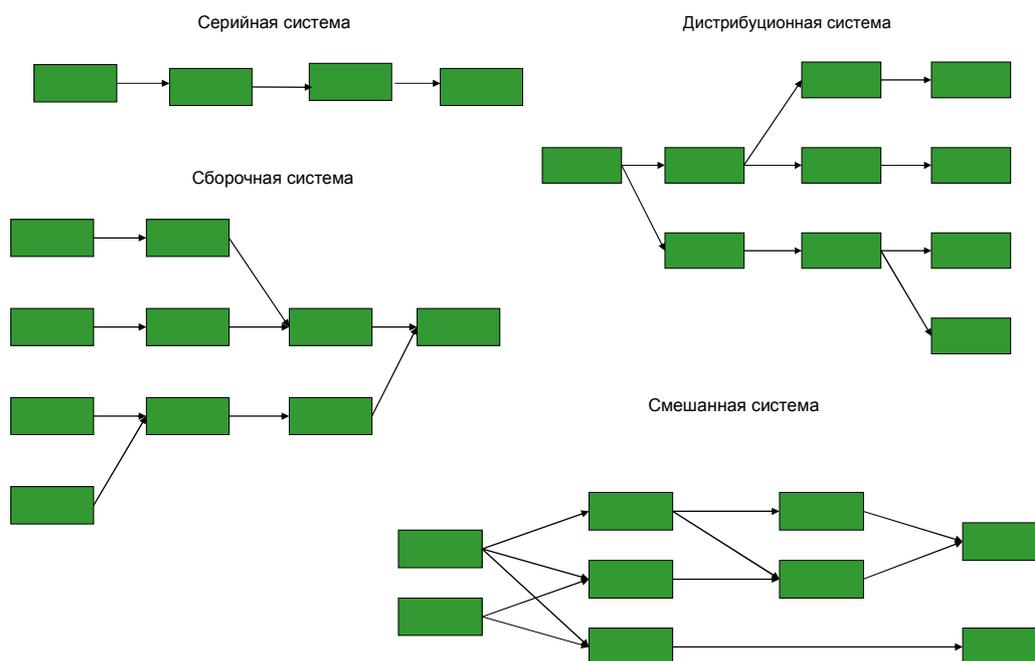


Рис.2. Топологии многоуровневых систем управления запасами

Математическая оптимизация решений в области многоуровневого управления запасами связана с большой сложностью таких задач. Например, сбытовая сеть крупной дистрибуторской компании состоит из регионального ДЦ и более 30 дополнительных ДЦ. В розничной сети запчастей для автомобилей может находиться до 25 миллионов единиц хранения, распределенных более чем 10 ДЦ и 900 магазинов. Для сокращения сложности подобных задач исследователи зачастую прибегают к их упрощению и сведению сетевой топологии к простой линейной топологии в виде серийной системы.

Действительно, согласно работе [26], такое преобразование возможно для сборочных систем (производственная часть ЦП) с использованием алгоритма, предложенного в работе [11]. Для дистрибуционной же системы (т.н. One-Warehouse-N-Retailer-проблема) нужны иные методы.

Для дистрибуционных систем принято различать системы с локальным диспониowaniem запасов и с централизованным диспониowaniem запасов. Для обеих групп дополнительно различают системы с идентичными и с различными региональными складами (модели последней группы наиболее сложные и учитывают помимо стратегии пополнения запасов также и уровни сервиса).

Для смешанных систем целесообразно использовать различные стратегии на разных уровнях. В силу сложности построения математических моделей многоуровневого управления запасами, зачастую делается допущение на

одинаковые стратегии пополнения запасами всеми участниками системы, например, на основе стратегии (s,q). На практике же разными компаниями используются различные стратегии. Поэтому с практической точки зрения при решении задач многоуровневой оптимизации запасов необходимо ответить на следующие вопросы:

- Как установить взаимосвязь между колебаниями сброса в ДЦ и стратегиями пополнения запасов в других звеньях ЦП?
- Каково влияние вариабельности длительности поставки на стратегию пополнения запасов?
- Какого влияния различных стратегий пополнения запасов на целевой уровень сервиса в ДЦ?

Практические проекты оптимизации запасов в ЦП позволяют сформулировать основные практические рекомендации в данной области:

- Избегайте изолированных прогнозов спроса в каждом звене ЦП. Это приведет к «эффекту хлыста». Создайте систему «прозрачности» спроса в ЦП;
- Обязательно учитывайте вариабельность длительности поставок для всех предшествующих звеньев ЦП, а не только непосредственно предшествующего звена;
- Постоянно осуществляйте мониторинг эффекта «хлыста»;
- Синхронизируйте стратегии пополнения запасов на разных звеньях ЦП;
- Рассчитывайте различный уровень сервиса для разных связей в ЦП (например, региональный ДЦ может предлагать разный уровень сервиса для разных более мелких ДЦ). Это возможно при многоуровневом управлении запасами, т.к. здесь рассматриваются одновременно входные и исходящие материальные потоки.

## **ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ**

Российские дистрибуционные компании имеют соответствующую европейским аналогам систему логистики, которая лишь в технических аспектах, в частности в автоматизации складских процессов, пока несколько отстает. Система менеджмента также не всегда соответствует идеям интегрированной оптимизации, что, как правило, связано с организационной структурой компаний, не имеющих в явном виде функции управления запасами. Другая проблема кроется в децентрализации этих функций, не стыкующейся, например, с централизованными функциями планирования сбыта или осуществления закупок.

Другой проблемой является слабое использование статистических методов прогнозирования спроса и использования вероятностных моделей для оптимизации стратегий пополнения запасов. Страховые запасы, как правило,

устанавливаются на основе экспертных оценок. Результатом является высокая стоимость запасов в компаниях при одновременных дефицитах товаров или длительных сроках поставок на отдельных участках сети.

Вместе с тем, российские дистрибуционные компании имеют и целый ряд несомненных преимуществ перед европейскими аналогами. В первую очередь, эти преимущества связаны с гибкостью поставщиков и гибким транспортным планированием. Однако, такие проблемы, как географическая удаленность и сильная флуктуация в структуре клиентов вносят особенности в модели планирования транспортировок и управления запасами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ben-Tal A., Golany B., Shtern S. Robust multi echelon multi period inventory control // *European Journal of Operational Research*. 2009. Vol. 199, Issue 3, 16.-P. 922-935.
2. Bilgen, B., I. Ozkarahan. 2004. Strategic, tactical and operational production-distribution models: A review. *Internat. J. Tech. Management* 28 151–171.
3. Bowersox, D.J. (1969). Physical distribution development, current status, and potential. *Journal of Marketing* 33(1), 63-70.
4. Cachon G.P., Lariviere M.A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations // *Management Science*. 2005. — № 51(1).-P. 30-44.
5. Cachon, G.P., Fisher, M. 2000. Supply chain inventory management and the value of shared information *Management Science* 46 (8), pp. 1032-1048
6. Chandra, P., Fisher, M.L., Coordination of production and distribution planning, *European Journal of Operational Research* 72 (1994) 503-517.
7. Chen Z.-L. Integrated Production and Outbound Distribution Scheduling: Review and Extensions. *Operations research*, Vol. 58, No. 1, January–February 2010, pp. 130–148
8. Chen, B., C.-Y. Lee. 2008. Logistics scheduling with batching and transportation. *Eur. J. Oper. Res.* 189 871–876
9. Chen, Z.-L., Vairaktarakis, G. L. 2005. Integrated scheduling of production and distribution operations. *Management Sci.* 51 614–628.
10. Chopra, Sunil and Peter Meindl (2010), “Supply Chain Management. Strategy, Planning, and Operations”, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
11. Clark A., Scarf H. Optimal policies for a multi-echelon inventory problem // *Management Science*. 1960. - № 6. - P. 475 - 490.
12. Cohen, M; Lee, H. (1988): Strategic analysis of integrated production-distribution systems: Models and methods, in: *Operations Research* (1988), Bd. 36, S. 216-228.
13. Drexl A., Kimms A. Lot sizing and scheduling - Survey and extensions. *European Journal of Operational Research* 99 (1997) 221-235
14. Geoffrion, A., Graves, G.: Multicommodity distribution system design by Benders decomposition. *Manag Sci* 29(5), 822-844 (1974)
15. Goetschalckx, M., C. J. Vidal, K. Dogan. 2002. Modeling and design of global logistics systems: A review of integrated strategic and tactical models and design algorithms. *Eur. J. Oper. Res.* 143 1–18.
16. Graves S.C., Willems S.P. Strategic safety stock placement in supply chains // *Manufacturing & Service Operations Management*. 2000. Vol.2, №1. — P. 68-83.
17. Hall, N. G., C. N. Potts. 2005. The coordination of scheduling and batch deliveries. *Ann. Oper. Res.* 135 41–64.

18. Ivanov, D., Sokolov, B. 2010a. Adaptive Supply Chain Management. London: Springer
19. Ivanov, D., Sokolov, B., Kaeschel, J. 2010. A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations with structure dynamics considerations. *European Journal of Operational Research*, 200(2); 409-420
20. Kaminsky, P., D. Simchi-Levi. 2003. Production and distribution lot sizing in a two stage supply chain. *IIE Trans.* 35(11) 1065–1075.
21. Melo J, Peidro, D., Diaz-Madronero, D., Vicens, E. Mathematical programming models for supply chain production and transport planning. *European Journal of Operational Research* 204 (2010) 377–390
22. Minner, S. 2003. Multiple-supplier inventory models in supply chain management: A review *International Journal of Production Economics* 81-82, pp. 265-279
23. Özgüven C., L. Özbakır, Y. Yavuz. 2010. Mathematical models for job-shop scheduling problems with routing and process plan flexibility. *Applied Mathematical Modelling* 34, 1539–1548.
24. Park, Y.B., 2005. An integrated approach for production and distribution planning in supply chain management. *International Journal of Production Research* 43,1205–1224.
25. Pundoor, G., Z.-L. Chen. 2005. Scheduling a production-distribution system to optimize the tradeoff between delivery tardiness and total distribution cost. *Naval Res. Logist.* 52 571–589.
26. Rosling, K. 1989. *Optimal inventory policies* for assembly systems under random demands. *Oper. Res.* 37 565-579
27. Selim, H., Am, C., Ozkarahan, I., 2008. Collaborative production–distribution planning in supply chain: a fuzzy goal programming approach. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review* 44, 396–419.
28. Shen Z.-L M., Coullard C., Daskin M. S. A joint location-inventory model // *Transportation Science*. 2003. Vol. 37, № 1. - P. 40-55.
29. Simchi-Levi, D., Philip Kaminsky, und Edith Simchi-Levi. *Designing and Managing the Supply Chain*, 2010.
30. Svoronos, A.; Zipkin, P. (1988): Estimating the performance of multi-level inventory systems, in: *Operations Research* (1988), Bd. 36, S. 57-72.
31. Van Hoesel, S., H. E. Romeijn, D. R. Morales, A. P. M. Wagelmans. 2005. Integrated lot-sizing in serial supply chains with production capacities. *Management Sci.* 51(11) 1706–1719.
32. van Houton, G.J., K. Inderfurth, W.H.M. Zijm (1996). Materials coordination in stochastic multiechelon systems. *European Journal of Operational Research*, 95, p. 1-23.
33. Vidal, C., Goetschalckx, M.: Strategic production-distribution models: a critical review with emphasis on global supply chain models. *Eur J Oper Res* 98, 1-18 (1997)
34. Wolsey, L. A. 2006. Lot-sizing with production and delivery time windows. *Math. Programming Ser. A* 107 471–489.
35. Иванов Д.А. Управление цепями поставок: стратегии, технологии, модели. – СПб: Изд-во СПбГПУ, 2009
36. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок (пер. с англ.). СПб: Питер, 2005
37. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок: Учебник.- М.: ИНФРА-М, 2008. 430 с.
38. Andersson A., A. Hoff, M. Christiansen, G. Hasle, A. Løkketangen (2010). Industrial aspects and literature survey: Combined inventory management and routing. *Computers & Operations Research* 37 (2010) 1515–1536.

# СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ И ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ УПРАВЛЯЕМОЙ РЕКОНФИГУРАЦИИ ЦЕПИ ПОСТАВОК

**А.Н. Павлов\***, **Д.А. Иванов\*\***, **Б.В. Соколов\***

*\*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS (SPIIRAS)  
199178 St. Petersburg, Russia; E-Mail: sokol@iias.spb.su, pavlov62@list.ru*

*\*\*Berlin School of Economics and Law, Department of Business Administration  
Chair of International Supply Chain Management, 10825 Berlin, Germany  
Phone: +49 3085789155; E-Mail: dmitri.ivanov@mail.ru*

Проведена содержательная постановка и формальное описание задачи управляемой реконфигурации дистрибуционной сети (ДС) цепи поставок с использованием теоретико-множественного подхода. Целью данной модели является качественное выполнение технологических операций поставки, складирования, транспортировки и доставки до потребителя отдельных видов материальных ресурсов. Построенная обобщённая модель управляемой реконфигурации ДС относится к классу моделей выбора с многими отношениями предпочтения в условиях неопределенности.

## CONCEPTUAL AND SET-THEORETIC PROBLEM STATEMENT OF THE SUPPLY CHAIN CONTROLLED RECONFIGURATION

**A. Pavlov\***, **D. Ivanov\*\***, **B. Sokolov\***

*\*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS (SPIIRAS)  
199178 St. Petersburg, Russia; E-Mail: sokol@iias.spb.su, pavlov62@list.ru*

*\*\*Berlin School of Economics and Law, Department of Business Administration  
Chair of International Supply Chain Management, 10825 Berlin, Germany  
Phone: +49 3085789155; E-Mail: dmitri.ivanov@mail.ru*

Using set-theoretic approach, a formal description of the problem of distribution network reconfiguration in the supply chain with the aim of integrated optimization of delivery, storage, transport and delivery processes is developed. Constructed generalized model of a controlled supply chain reconfiguration refers to the class of decision models with many relationship preferences under uncertainty.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции рыночных отношений обуславливают новые требования к цепям поставок и определяют необходимость развития концеп-

ции управления адаптивными цепями поставок (A-SCM – Adaptive Supply Chain Management). Данная концепция базируется на интеграции трех концепций [1, 2]: управление цепями поставок, виртуальные предприятия/гибкие цепи поставок (Agile Supply Chains) и управление долгосрочным развитием цепей поставок (Sustainable Supply Chain Management).

В процессе проектирования A-SCM большое внимание уделяется вопросам повышения их отказоустойчивости и катастрофоустойчивости при различных дестабилизирующих, деструктивных воздействиях. При этом технология функциональной реконфигурации (гибкого перераспределения выполняемых системой целей, задач и функций между работоспособными, частично работоспособными компонентами) среди способов обеспечения живучести и устойчивости SCM занимает одно из первостепенных значений [1-4].

Согласно результатам проведенного анализа при создании перспективных SCM целесообразно осуществить переход от узкой (традиционной) интерпретации процессов реконфигурации рассматриваемых систем к их широкой интерпретации в рамках развиваемой новой прикладной теории управления структурной динамикой сложных систем (ТУСДСС) [4]. Применительно к современным СС реконфигурацию следует рассматривать не только как технологию управления структурами СС для компенсации отказов, но и как технологию управления, направленную на повышение эффективности функционирования СС. В рамках ТУСДСС предлагается данную реконфигурацию называть *управляемой реконфигурацией*. При этом особую актуальность приобретает постановка и решение различных классов задач УСДСС, в том числе и задач планирования и управления процессами получения, складирования, транспортировки и доставки до потребителя отдельных видов материальных ресурсов на перестраиваемой структуре SCM.

## **СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

В качестве примера рассмотрим транспортно-дистрибуционную сеть (ДС) SCM. На рис.1 треугольники характеризуют складские помещения узлов сети. Поставка товаров идет через узлы 1 и 6. Вершина 4 является центральным узлом распределения товаров. Узел 5 – областной центр распределения товаров. Технологическая структура ДС приведена на рис. 2.

В состав технологической структуры ДС входят различные операции получения, складирования, транспортировки и доставки до потребителя отдельных видов материальных ресурсов (сырья, готовой продукции) на некотором временном интервале. Указанные технологические операции выполняются в узлах ДС (Рис.1).

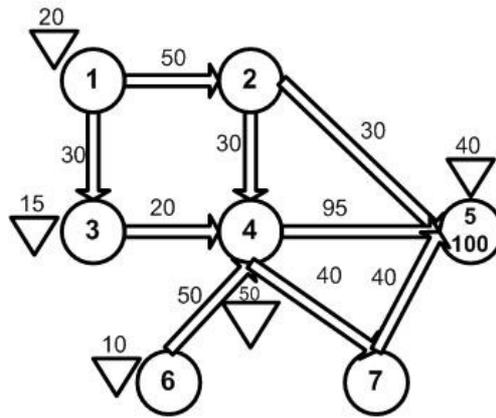


Рис.1. Дистрибуционная сеть SCM.

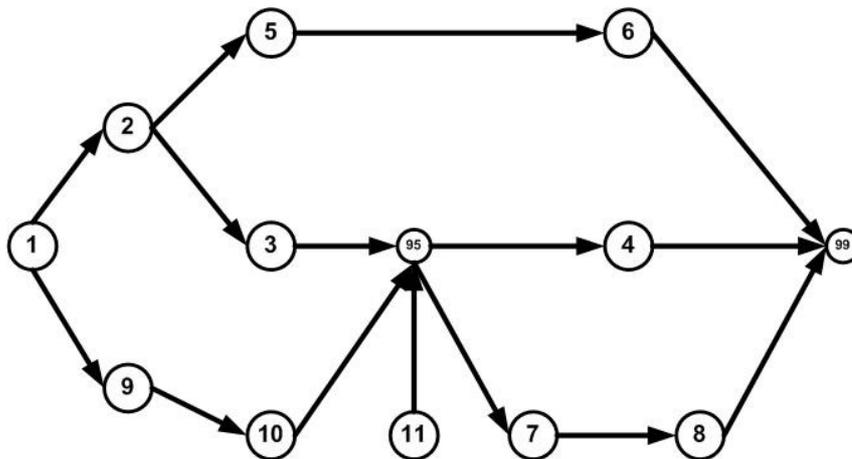


Рис.2. Технологическая структура дистрибуционной сети SCM

В результате анализа технологической структуры ДС с использованием методики из работы [5, 6] можно выделить множество критических технологических операций, выполняемых в узлах сети.

Рассмотрим несколько наиболее важных критических технологических операций узлов ДС:

*технологические операции узла 1* – складирование и доставка партий продукции в терминалы 2 и 3;

*технологические операции узла 4* – складирование и непосредственная доставка партий продукции из центрального узла в региональный центр распределения;

*технологические операции узла 7* – складирование и доставка партий продукции из центрального узла в региональный центр распределения.

В результате применения методики построения траекторий структурной реконфигурации, изложенной в работе [5, 6], получим фрагмент сценариев динамики технологической структуры ДС, изображенный на рис.3. Здесь  $St_{i_1, i_2, \dots, i_k}$  – структурное состояние ДС, в котором  $i_1, i_2, \dots, i_k$  номера отсутствующих критических технологических операций соответствующих узлов сети.

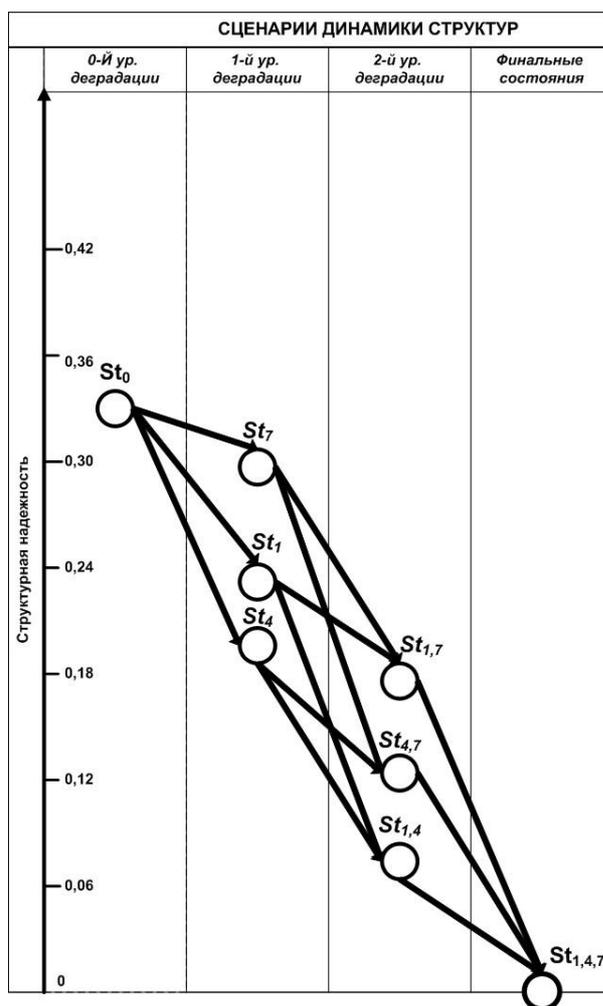


Рис.3. Структурная реконфигурация ДС

Каждая траектория  $Sc_\chi$  характеризуется набором структурных состояний ДС  $\{St_{i_1, i_2, \dots, i_k}^\chi\}$ , смену которых ДС осуществляет на промежутке времени  $T = (t_0, t_f]$  в результате ее реконфигурации. На рис. 3 можно выделить оптимистическую ( $St_0 \rightarrow St_7 \rightarrow St_{1,7}$ ) и пессимистическую ( $St_0 \rightarrow St_4 \rightarrow St_{1,4}$ ) траектории структурной реконфигурации ДС. Оптимистическая (пессимистическая) траектория представляет собой деградацию технологической структуры ДС, включающую структурные состояния сети максимальной (минимальной) надежности.

Проведенный анализ функционирования ДС SCM позволил выявить следующие основные особенности решаемой задачи:

- Отказы выполнения тех или иных технологических операций или в целом узлов ДС возникают под действием различного рода причин (внутренних, внешних, объективных, субъективных и т.п.) и являются событиями возможными, но невероятными, либо вероятность которых мала и не может быть обоснованно оценена в процессе проектирования.

- Промежуточные структурные состояния ДС не изменяются непрерывно, а являются постоянными на некоторых временных интервалах.
- Требуется учитывать и анализировать текущие характеристики выполняемых технологических операций в узлах ДС.
- В зависимости от складывающейся обстановки следует оперативно осуществлять перераспределение выполняемых технологических операций между узлами ДС.
- Особенность задачи оценивания и анализа эффективности функционирования ДС для обоснованного перераспределения технологических операций ДС между её работоспособными узлами состоит в ее многокритериальной постановке, а также в наличии условий принципиально неустранимых информационных и временных ограничений, связанных с неполнотой, неопределенностью, неточностью и противоречивостью как исходной данных, так и той информации, которая поступает (формируется) в ходе функционирования ДС.

## ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для формализации указанного изменения структурного состояния введем в рассмотрение динамический взвешенный мультиграф (ДВМ) следующего вида:

$$G_{\chi}(t) = \langle X_{\chi}(t), E_{\chi}(t), W_{\chi}(t) \rangle, \quad (1)$$

где  $\chi$  - индекс, характеризующий номер траектории структурной реконфигурации ДС;  $X_{\chi}(t) = \{A_{xi}(t), i \in N_{\chi}\}$  – множество элементов, входящих в состав структуры  $G_{\chi}(t)$  (множество вершин) в момент времени  $t$ ;  $E_{\chi}(t) = \{e_{xij}(t), i, j \in N_{\chi}\}$  – множество дуг ДВМ, отражающих взаимосвязи между его элементами в момент времени  $t$ ;  $W_{\chi}(t) = \{w_{xij}(t), i, j \in N_{\chi}\}$  – множество значений параметров, количественно характеризующих взаимосвязь соответствующих элементов ДВМ (при условии  $i \neq j$ ) и сами элементы ДВМ (при условии  $i = j$ ).

При этом матричная временная функция  $e_{xij}(t)$ , задающая пространственно–временные ограничения и технические возможности, связанные с передачей материальных ресурсов между  $A_{xi}$  и  $A_{xj}$ . Данная функция принимает значение 1, если имеется возможность передачи продукции, 0 – в противном случае.

Необходимо подчеркнуть, что в реально функционирующих ДС ее элементы обмениваются между собой разнородной продукцией типа  $\rho \in P = \{1, 2, \dots, p\}$ , имеющей различную степень важности.

В качестве элементов множества  $W_{\chi}(t) = \{w_{xij}(t), i, j \in N_{\chi}\}$ , описывающих особенности поставок, хранения, транспортировки и доставки материаль-

ных ресурсов различного типа, могут быть использованы следующие функции:

$V_{\chi_i}(t)$  - объём складского помещения для каждого  $A_{\chi_i}$  элемента ДС;

$\psi_{\chi_i\rho}(t)$  - интенсивность поставок продукции  $\rho$  типа в  $A_{\chi_i}$  элемент ДС;

$\omega_{\chi_i\rho}(t)$  - интенсивность транспортировки продукции  $\rho$  типа между элементами  $A_{\chi_i}, A_{\chi_j}$  ДС;

$\varphi_{\chi_i\rho}(t)$  - интенсивность доставки до потребителя продукции  $\rho$  типа из  $A_{\chi_i}$  элемента ДС.

Проведем обобщенную постановку задачи управляемой реконфигурации ДС, для чего воспользуемся теоретико-множественным подходом. Так теоретико-множественная модель управляемой реконфигурации ДС в обобщенном виде может быть представлена в виде математической структуры выбора с мультипредпочтением:

$$\left( Q(s, \omega), \Delta, \{r_i^\alpha(\omega)\}_{i \in \Gamma}, \{r_j^\beta(\omega)\}_{j \in \Gamma_1}, \{F^k(\omega)\}_{k \in \Gamma_2}, \Omega = \{\omega\} \right) \quad (2)$$

где  $Q(s, \omega)$  - некоторая исходная структура типа  $s$ , которая определяет тип модели (статическая, динамическая, математическая, логико-алгебраическая, детерминированная, с неопределенностью и т.п.);

$\Delta$  - множество альтернатив (решений), на котором непосредственно производится выбор;

$\{r_j^\beta(\omega)\}_{j \in \Gamma_1}$  - множество отношений, ограничивающих выбор, вводимых непосредственно при постановке задач выбора и отражающих основные пространственно-временные, технические и технологические ограничения, связанные с процессом функционирования рассматриваемой ДС;

$\{r_i^\alpha(\omega)\}_{i \in \Gamma}$  - отношения предпочтения, задаваемые на  $\Delta \times \Omega$  и характеризующие различные предпочтения при выборе рационального решения (для задач управляемой реконфигурации ДС такие отношения задаются с использованием различных показателей);

$\{F^k(\omega)\}_{k \in \Gamma_2}$  - множества согласующих правил, позволяющих задавать результирующее отношение предпочтения задачи управляемой реконфигурации ДС;

$\Omega = \{\omega\}$  - множество неопределенности.

Структура (2) представляет широкие возможности для того, чтобы в ее рамках рассматривать разнообразные математические постановки задач управляемой реконфигурации ДС. Введение структуры  $Q(s, \omega)$  позволяет ставить задачи выбора, связанные с теми или иными структурными (модельными) ограничениями, задаваемыми посредством сетей (статические модели), моделей типа динамических систем и т.д. Ограничивающие отношения  $r_j^\beta(\omega)$  ( $j \in \Gamma_1$ ) часто представляют в виде равенств и неравенств

(случай смешанных ограничений), что позволяет связать постановку отдельных задач управляемой реконфигурации ДС с соответствующими детерминированными задачами математического программирования и оптимального управления.

Характерной особенностью структуры (2), отличающей ее от соответствующей структуры выбора в условиях полной определенности, является наличие множества неопределенности  $\Omega = \{\omega\}$ , от элементов которого зависят все или часть компонент структуры (2). Следует различать четыре основных варианта введения неопределенности в описании исходной структуры  $Q(s, \omega)$ , что приводит к рассмотрению постановок задач выбора соответственно на вероятностных, статистических, нечетких структурах, а также структурах с неизвестностью.

При постановке задач выбора на вероятностных и нечетких структурах вводится  $(\Omega, \mathfrak{S}, G)$  - вероятностное или нечеткое пространство, определяемое заданием множества элементарных событий  $\Omega = \{\omega\}$ ,  $\mathfrak{S}$  -  $\sigma$ -алгебры и соответственно вероятностной или нечеткой меры  $G$ .

Кроме того особенностью структуры (2) является использование в явном или неявном виде согласующего правила  $F(\omega)$  или множества согласующих правил  $\{F^k(\omega)\}_{k \in \Gamma_2}$ , направленных на преодоление критериальной неопределенности и разрешения противоречия между исходными отношениями предпочтения. Вводимое согласующее правило вида  $F^k(\omega)$  определяют результирующее отношение предпочтения  $r_{\delta\alpha\zeta}(\omega) = F^k(\{r_i^\alpha(\omega), i \in \Gamma\})$ .

С учётом вышесказанного, задача управляемой реконфигурации ДС сводится к задаче определения множества наилучших с точки зрения заданных отношений предпочтения альтернатив. В сложных ситуациях выбора с множественным предпочтением первым шагом решения является выделение множества недоминируемых альтернатив, т.е. множества Парето, определяемого следующим образом:

$$\Delta_\beta^*(\omega) = \{u \in \Delta_\beta(\omega) \mid (\nexists z \in \Delta_\beta(\omega))(z r_{\delta\alpha\zeta}(\omega) u)\} \quad (3)$$

Выбор конкретной альтернативы  $u^*$  (оптимальной программы управляемой реконфигурации ДС) должен осуществляться из указанного множества  $\Delta_\beta^*(\omega)$ . Здесь множество  $\Delta_\beta(\omega) \subseteq \Delta$  допустимых альтернатив, удовлетворяющих отношениям  $\{r_j^\beta(\omega)\}_{j \in \Gamma_1}$ , ограничивающих выбор.

При этом в целях упрощения дальнейшего рассмотрения конкретных задач управляемой реконфигурации ДС будем пользоваться часто вводимым предположением о том, что задание отношений предпочтения  $\{r_i^\alpha(\omega)\}_{i \in \Gamma}$  и ограничивающих отношений  $\{r_j^\beta(\omega)\}_{j \in \Gamma_1}$  может быть осуществлено с помощью некоторого числа отображений  $\varphi_i (i = 1, \dots)$ , где каждое  $\varphi_i$  есть отобра-

жение вида:  $\varphi_i : \Delta \times \Omega \rightarrow \mathfrak{R}^1$ , принимающее соответственно при  $u \in \Delta$  и  $\omega \in \Omega$  значение  $\varphi_i(u, \omega)$ .

Итак, с использованием представленной выше теоретико-множественной модели функционирования ДС удалось формализовать концептуальную модель управляемой реконфигурации ДС и классифицировать её как структуру выбора со многими отношениями предпочтения в условиях неопределенности.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке РФФИ (гранты 10-07-00311-а, 11-07-13151-офи-м-2011-РЖД, 11-08-01016-а, 11-08-00767-а), ОНИТ РАН (проект №О–2.3/03).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ivanov, D., Sokolov, B. Adaptive Supply Chain Management. London: Springer, 2009
2. Иванов Д.А. Управление цепями поставок. С-Пб, Изд-во Политехн. Ун-та, 2009.
3. Ivanov, D., Sokolov B., Kaeschel J. (2010) A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control with structure dynamics considerations, in: European Journal of Operational Research, 200(2), pp. 409-420.
4. Охтилев М.Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. — 410 с.
5. Павлов А.Н. Постановка и анализ возможных путей решения задачи реконфигурации катастрофоустойчивой информационной системы // Информационно-измерительные и управляющие системы.- 2011, №4, т.9, С.15-21
6. Kopytov E.A., Pavlov A.N., Zelentsov V.A. New methods of calculating the Genome of structure and the failure criticality of the complex objects' elements. In: Transport and Telecommunication, Vol. 11, No 4, 2010, pp. 4-13.

# ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

И.В. Теренина

*РГСУ*  
*teririn@yandex.ru*

Реализация стратегии управления запасами в условиях неопределенности применительно к конкретным ситуациям бизнеса требует формализации или модификации конкретной модели системы управления запасами, которая должна учитывать специфику ее практического использования. Для принятия оптимального решения в условиях неопределенности формируется критерий, отражающий отношение системы логистического менеджмента к неопределенности конечного результата. В качестве результата оптимизации стратегии управления запасами в условиях неопределенности процедуры формализации и модификации осуществляются применительно к различным критериям выбора.

## OPTIMIZATION OF AN INVENTORY MANAGEMENT STRATEGY UNDER UNCERTAINTY

**Irina Terenina**

Rostov state university  
*E-Mail: teririn @ yandex.ru*

Realization of strategy of managing supplies under the conditions of uncertainty applied to the concrete situations in business demands the formalization or modification of the concrete model of the system of managing supplies, which must take into account the specification of its practical utilization. The criterion reflecting the relation of the logistical management system to the uncertainty of the final result is formed for choosing the most effective variant. As the result of the strategy of managing supplies optimization under the conditions of the procedure of formalization and modification uncertainty are brought into effect conformably to variants criteria of the choice.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Существующие постановки задач управления запасами и модели оптимизации систем управления запасами не позволяют учитывать важный аспект анализа, обусловленный необходимостью принятия решений в условиях неопределенности. В условиях рыночной экономики становится особенно актуальным использование моделей в условиях неопределенности. При выборе наилучшей стратегии управления запасами мы неизбежно сталкиваемся с необходимостью новой постановки задач оптимизации в рамках логистических систем и соответственно с новыми подходами к их решению.

Реализация оптимизационных моделей в условиях неопределенности применительно к конкретным ситуациям бизнеса для систем управления запасами, как правило, требует формализации или модификации конкретной модели системы управления запасами, которая должна учитывать специфику ее практического использования. Эта специфика, в частности, подразумевает не только учет временной стоимости денег, но и учет системы предпочтений логистического менеджмента, т.е. отношение логистического менеджмента к возможным потерям конечного экономического результата.

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ**

Анализ современной отечественной научной литературы по вопросам теории логистики, в частности, закупочной, складской, производственной и распределительной, позволяет сформулировать особенности моделей управления запасами, сложившиеся на современном этапе развития логистики [4,5,7]. Особенности моделей управления запасами обуславливаются следующими факторами:

- характером спроса (процесс реализации запаса в общем случае представляет собой случайный процесс);
  - спецификой требований учета длительности промежутков времени для процедур пополнения запасов (которые также являются случайными величинами);
  - выбором возможного подхода к принятию решений о пополнении запасов, в рамках которого будут предопределяться объемы приращения запасов, а также моменты подачи заказов на такое пополнение, включая моменты поступления заказов;
  - выбором критерия оптимизации работы системы управления запасами (минимизация суммарных годовых затрат; максимизация показателя экономической рентабельности системы; максимизация суммарного чистого приведенного дохода; максимизация интенсивности потока доходов и т.д.);
  - желанием или требованиями учета временной стоимости денег в рамках таких моделей (учет временной структуры действующих на рынке процентных ставок);
- спецификой дополнительных атрибутов, которые требуется учитывать в рамках соответствующей структуризации системы управления запасами.

## **МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

*Атрибуты модели управления запасами в условиях неопределенности*

В отличие от классических постановок рассматриваемая нами задача оптимизации стратегии управления запасами в условиях неопределенности рассматривается как задача максимизации прибыли, а не как задача минимизации общих суммарных годовых издержек.

При решении задачи оптимизации системы управления запасами в условиях неопределенности необходимо учитывать ряд параметров модели (таких как годовое потребление товара, цена реализации и т.д.), которые заранее неизвестны. Их будем принимать как неопределенные параметры. Альтернативные решения, из которых требуется выбрать наилучшее, формализуем таким образом, чтобы учесть предложения разных поставщиков. Такой анализ необходим для целесообразности диверсификации рисков снижения рентабельности (из-за возможных срывов поставок) при управлении запасами.

В условиях неопределенности решение задачи максимизации общей годовой прибыли затруднено тем, что неизвестны значения некоторых параметров в рамках модели управления запасами. При отсутствии достоверных прогнозов экономической конъюнктуры особый интерес могут представлять модели систем управления запасами, для которых возможна оценка границ изменений неопределенности параметров модели [1]. В пределах этих границ могут быть сформулированы сценарии развития событий, которые можно учитывать при решении задачи оптимизации.

Рассмотрим модель управления запасами, в рамках которой такие сценарии сформулированы для следующих параметров модели: годового потребления товара ( $D$ ); цены реализации единицы продукции ( $C_S$ ). Подобные сценарии также учтены для потерь прибыли, обусловленных, например, претензиями к качеству продукции и зависящих, в том числе, и от выбора поставщика. При формализации модели можно задавать сценарии произвольным образом, учитывая требуемую точность или тщательность такой формализации. В нашем случае для формализации полной группы событий, влияющих на экономический результат, необходимо рассмотреть шестнадцать различных случайных событий, что в свою очередь отразится на формате матрицы полезностей.

Для годового потребления и цены реализации единицы продукции приняты два сценария.

Спрос на продукцию за год может быть низким (сценарий  $D(1)$ ) и высоким (сценарий  $D(2)$ ). Цена реализации единицы продукции также может быть низкой (сценарий  $C_S(1)$ ) и высокой (сценарий  $C_S(2)$ ).

Кроме того, при формализации оптимизационной модели необходимо учесть возможность закупки продукции у разных поставщиков, причем на разных условиях доставки и с разной ценой единицы продукции. Также следует учесть возможные различные потери прибыли, обуславливаемые претензиями к качеству соответствующей продукции. Для упрощения

задачи будем рассматривать их только для двух сценариев: 1) положительный сценарий, соответствующий благоприятному исходу формирования прибыли; 2) отрицательный сценарий, соответствующий неблагоприятному исходу формирования прибыли, а именно: указанные потери прибыли учтены введением понижающего коэффициента.

### **Процедуры формализации модели управления запасами в условиях неопределенности**

Для принятия оптимальных решений в условиях неопределенности на первом шаге необходимо формализовать полную группу случайных событий, влияющих на конечный экономический результат [6].

Применительно к рассматриваемой ситуации, как отмечалось ранее, она будет содержать шестнадцать случайных событий (два сценария для каждого из четырех факторов (годовое потребление, цена реализации, потери при реализации продукции поставщика I, потери при реализации продукции поставщика II) приводят к необходимости рассмотрения шестнадцати ( $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16$ ) случайных событий).

Для нахождения наилучшего результата в условиях неопределенности на втором шаге процедур оптимизации требуется формализовать перечень анализируемых альтернативных решений. Альтернативные решения задаются непосредственно лицом принимающим решение. В рамках рассматриваемой модели управления запасами термин «решение» подразумевает: 1) выбор поставщика или поставщиков; 2) определение размера заказа или заказов. Если известны поставщик, годовое потребление ресурса и расходы на каждую поставку, то в рамках детерминированной модели в качестве решения выбирается экономичный размер заказа. Далее считаем, что такие решения определяются с одной стороны, выбором различных вариантов для долей поставляемой продукции от рассматриваемых поставщиков, а с другой стороны, различными значениями годового потребления ( $D$ ) и расходов на каждую поставку ( $C_{01}$  или  $C_{02}$ ) в зависимости от того какая доля потребления будет обеспечиваться каждым из поставщиков.

Распределение долей поставляемого товара между поставщиками может быть произвольным. Для упрощения рассматриваемой модели будем считать, что при формировании перечня решений возможность диверсификации риска потерь, обусловливаемых претензиями к качеству товара, будем учитывать только за счет закупки товара равными долями у обоих поставщиков. Другие стратегии диверсификации указанных рисков, в случае необходимости, могут быть рассмотрены аналогично, но это увеличит число анализируемых решений.

В нашем случае множество анализируемых альтернативных решений включает шесть решений:  $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6\}$ , которые формализуются следующим образом:

1) решение ( $X_1$ ) принимается исходя из годового потребления  $D_2$ , причем поставки предполагаются только от поставщика I, экономичный размер заказа в такой ситуации определяется формулой [2]

$$q_1^* = \sqrt{2C_{01}D_2/C_h};$$

2) решение ( $X_2$ ) принимается исходя из годового потребления  $D_2$ , причем поставки предполагаются только от поставщика II, экономичный размер заказа в такой ситуации определяется формулой  $q_2^* = \sqrt{2C_{02}D_2/C_h}$  ;

3) решение ( $X_3$ ) принимается исходя из годового потребления  $D_2$ , причем поставки предполагаются равными долями от обоих поставщиков, экономичные размеры заказов составляют у поставщика I;

$$q_{3a}^* = \sqrt{C_{01}D_2/C_h} \text{ и у поставщика II } q_{3б}^* = \sqrt{C_{02}D_2/C_h}$$

4) решение ( $X_4$ ) принимается исходя из годового потребления  $D_4$ , причем поставки предполагаются только от поставщика I, экономичный размер заказа в такой ситуации составит  $q_4^* = \sqrt{2C_{01}D_4/C_h}$  ;

5) решение ( $X_5$ ) принимается исходя из годового потребления  $D_4$ , причем поставки предполагаются только от поставщика II, экономичный размер заказа в такой ситуации составит  $q_5^* = \sqrt{2C_{02}D_4/C_h}$  ;

6) решение ( $X_6$ ) принимается исходя из годового потребления  $D_4$ , причем поставки предполагаются равными долями от обоих поставщиков, экономичные размеры заказов у поставщика I составят  $q_{6a}^* = \sqrt{C_{01}D_4/C_h}$  и у поставщика II  $q_{6б}^* = \sqrt{C_{02}D_4/C_h}$ .

Для нахождения наилучшего решения в условиях неопределенности на третьем шаге процедур оптимизации требуется формализовать матрицу полезностей. Ее элементы представляют конечный экономический результат (выручка или прибыль) применительно к каждому анализируемому решению и каждому событию полной группы.

Для определения ожидаемой прибыли  $P_{i,j}$  используем выражение

$$P_r = \alpha C_s D - \frac{C_0 D}{q} - \frac{C_h q}{2} - C_n D$$

Уточним некоторые положения для данной формулы:

- параметр  $C_n$  в рамках модели, т.е. его значение не зависит от того, какой элемент матрицы рассматривается;

- параметры  $C_0$  и  $C_n$  определяются для каждого анализируемого решения, поскольку решение предполагает выбор поставщика, то значение  $C_0$  может принимать значение  $C_{01}$  или  $C_{02}$  и  $C_n$   $C_{n1}$  или  $C_{n2}$  ;

- параметр  $q$  также определяется для каждого решения;

- параметры  $C_s$  и  $D$  определяются сценариями развития полной группы событий, которые реализуются независимо от выбранного решения, а обуславливаются именно теми значениями, которые соответствуют рассматриваемому событию.

Для нахождения наилучшего решения в условиях неопределенности на последнем шаге процедур оптимизации требуется реализовать выбор на основе критерия, отражающего отношение логистического менеджмента к неопределенности конечного результата. В качестве критериев могут быть использованы как классические критерии (максиминный, оптимистический, нейтральный и критерий Сэвиджа), производные критерии (Гурвица, произведений, Гермейера, наиболее вероятного исхода) и составные критерии, которые позволяют более эффективно приспособлять вышперечисленные критерии к особенностям сложившейся ситуации в бизнесе и предпочтениям менеджмента [3]. Возможность «приспособлять линии уровня» состоит в том, что в зависимости от своих предпочтений, финансовых возможностей, а также специфики ситуации можно по разному определить допустимый риск отклонения конечного результата (дохода) применительно к анализируемой задаче принятия решения.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, приведенные в настоящей статье подходы к оптимизации стратегии управления запасами в условиях неопределенности позволяют частично восполнить имеющийся пробел в научно-методическом обеспечении управления запасами, а также повысить обоснованность решений с целью сокращения величины логистических издержек, а также повышения устойчивости систем управления запасами в условиях неопределенности.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Иванов Д.А. Управление цепями поставок. С-Пб, Изд-во Политехн. Ун-та, 2009.
2. Модели и методы теории логистики: Учебное пособие. 2-е изд. /Под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2007.
3. Мушик Э. Методы принятия технических решений /Э. Мушик, П. Мюллер. –М.:Мир, 1990.

- 4.Стерлигова А.Н. Управление запасами широкой номенклатуры: с чего начать?//Логинфо.2004.№1
- 5.Теренина И.В. Моделирование логистической системы управления конкурентоспособностью предприятия [статья] // Научная мысль Кавказа. Ростов-на-Дону Изд-во СКНЦ ВШ 2006 г. № 3
6. Шикин Е.В., Чхарташвили А.Г. Математические модели и методы в управлении: Учебное пособие. – М.: Дело, 2000.
7. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами/ Дж. Шрайбфедер. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

# PROCUREMENT SYSTEM FOR DISTRIBUTION COMPANY ON GLOBAL LEVEL

T.R. Sabatkoev<sup>1</sup>, R.R. Sultanov<sup>2</sup>

*1 - НИИ-ВШЭ*

*2 - accenture*

*sabatkoev.tr@gmail.com*

В данной статье мы описываем систему, позволяющую организовать эффективное управление запасами для 40 поставщиков различной скоропортящейся продукции. Представленная система состоит из модулей, которые могут быть улучшены по отдельности: планирование спроса, управление запасами, планирование закупок и отчетность KPI. Описанная система была внедрена в реальной дистрибьюторской компании, специализирующейся на скоропортящихся продуктах питания для 600 SKU что позволило увеличить оборачиваемость запасов на 7%, сохраняя показатель качества обслуживания клиентов на том же уровне.

In this article we describe a system allowing companies to organize an efficient inventory management with 40 suppliers of different products. The system consists of four modules, each of which can be improved: demand planning, inventory management, procurement planning and KPI reporting. Described system was implemented in a real company, specializing on perishable products totaling over 600 SKUs. The system helped the company to increase its turnover by 7% while keeping the same level of services.

## **Введение**

Тенденции развития мировой экономики, связанные с глобализацией и развитием информационных технологий, обуславливают значительные изменения в подходах к организации и управлению бизнесом в области логистики и производства. Когда для предприятия характерны особенности во многом определяющие цену и объем производства, такие как стандартизированная продукция, большие объемы, замкнутый круг покупателей, повышать эффективность возможно путем сокращения потерь в процессе закупок, производства и в процессе управления деятельностью компании, что переводит конкуренцию в область эффективности организации бизнес-процессов в компании.

Современная деловая среда выдвигает новые требования к системе управленческого контроля, используемой компанией. Под традиционным управленческим контролем понимается контроль над принятием решений и повседневной деятельностью организации с целью роста прибыли, рентабельности и укрепления финансового положения. Информация об издержках, объеме продаж и рентабельности составляет основу для принятия решений менеджерами. Таким образом, традиционные финансовые показатели отражают результаты деятельности в

предшествующие периоды. Однако информация такого рода может привести к принятию решений, не отвечающих стратегическим целям компании, если не соотносить возможные будущие события с принимаемыми текущими решениями.

Чтобы подчеркнуть роль логистики снабжения в эффективной работе организаций, следует отметить, что затраты средней производственной фирмы на закупки составляют больше половины объема продаж продукции. В отдельных отраслях, например, включающих продажу продуктов питания, в связи с необходимостью создания запасов сырья и низких производственных расходов, превосходит 60% от продаж [22 стр. 176].

В данной статье мы разрабатываем имитационную модель с использованием спроектированной в Excel модульной системы. Проектируемая система включает прогнозирование продаж, планирование доходов и отслеживание уровня товарного остатка компании, с привязкой всех модулей на ключевые показатели деятельности компании, ориентированные на достижение стратегических целей компании. Мы ставим перед собой задачу разработать комплекс мер по улучшению эффективности организации движения материального потока компании, с учетом специфики ее бизнеса. Также мы ставим задачу динамического анализа себестоимости продукции с возможностью его планирования и динамического отслеживания, связав его с внешней средой – курсу валют. Для достижения контроля над принимаемыми менеджментом решениями, мы ставим задачу динамического анализа и планирования показателей КРІ компании.

### **Постановка задачи на примере дистрибьюторской компании**

Компания работает с 40 поставщиками, занимается дистрибьюцией скоропортящихся продуктов питания, что является ключевой компетенцией компании и, соответственно, усложняет работу отдела закупок. Единица отгрузки: короб; отгрузки производятся ежедневно (с понедельника по воскресенье), за исключением праздничных дней.

Риски торговой компании выражаются в качественных и количественных показателях:

- 1.) Дефицит продукции – выражается в упущенных продаж, лояльности клиентов, выставленных штрафов крупными торговыми сетями (Ашан, Метро);
- 2.) Избыток продукции – выражается в замороженном капитале компании, а также, в случае закупки скоропортящихся продуктов питания, в списании продукции, а также в увеличении добавочной стоимости работы склада по переработке груза (т.к. товар скоропортящийся и с увеличением товарного остатка, увеличивается одновременное количество сроков

продукции на реализацию, что может привести к пересортице и увеличению возвратов)

При заказе продукции необходимо учитывать:

- 1.) Спрос на продукцию – является случайной величиной, клиенты заказывают по потребности;
- 2.) Маркетинговую активность – проводимые отделом маркетинга, акции в торговых сетях, направленные на увеличение роста продаж;
- 3.) Сроки годности продукции – т.к. ключевой компетенцией компании является дистрибуция скоропортящихся продуктов питания, то при заказе у поставщиков продукции, необходимо учитывать максимальное количество дней для хранения продукции;
- 4.) Условия поставок – поставщики продуктов питания, имеют свои сроки годности и условия поставок.

Мы ставим перед собой задачу разработать методику позволяющую создавать инструменты для оптимизации системы закупок для дистрибьюторской компании, работающей на рынке FMCG. Для решения поставленной задачи мы разбиваем построение системы закупок на три этапа:

**На первом этапе**, исходя из установленных договором поставки, минимальных сроков отгрузки, мы определяем график приходов продукции на неделю по каждому поставщику (табл.2):

Срок годности продукции	Наименование поставщика	дни недели, по которым производится поставка						
		Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
12	Савушкин		+		+			+
360	Таежный дар							
30	Мирата	+						
20	Славпродукт	+			+			
...	...							

Табл.2 График приходов

Например, у продукции «Савушкина» мы установили, что минимальный срок годности у значимой для компании позиции в номенклатуре -12 дней. Из установленного фирмой регламента отгрузок следует, что минимальный срок годности отгрузки 7 дней, следовательно, компания может с одного прихода продавать товар 5 дней (оставшееся количество продукции будет списано). Следовательно, рационально привозить продукцию на два дня продаж (имея 3 дня в запасе на реализацию привезенного количества): Вс, Вт, Чт. Опираясь на данные по минимальным срокам годности на отгрузку по конкретным поставщикам

можно выстроить план приходов таким образом, чтобы минимизировать риск списания.<sup>1</sup>

**На втором этапе** создается основная структура системы расчета заказов по поставщикам. В зависимости от сложности организационной структуры, мы рекомендуем разделять систему на несколько уровней:

1-ый уровень: расчетные файлы по каждому поставщику. Каждый файл состоит из четырех, расположенных друг под другом таблиц, содержащих информацию по проводимым акциям, спецификации товара, требованиям поставок и пр.:

## 1. Продажи

Таблица содержит план продаж по номенклатуре поставщика по дням (см. рис.1):

	C	D	E	BD	DE	BF	BG	BH	BI	BJ	B K	BL	B M
1													
2													
3					<b>Продажи 37-ой недели</b>							<b>Продажи 38-ой недели</b>	
4					<b>Пн</b>	<b>Вт</b>	<b>Ср</b>	<b>Чт</b>	<b>Пт</b>	<b>Сб</b>	<b>Вс</b>	<b>Пн</b>	<b>Вт</b>
5	<b>Продажи</b>	Прод ажи	Сети	Норм атив (дн)	08.09.08	09.09.08	10.09.08	11.09.08	12.09.08	13.09.08	14.09.08	15.09.08	16.09.08
6	<b>Биск. снек "Несквик" с молоч.суфле 4x26г</b>	<b>1 317</b>	<b>1 209</b>	<b>2,00</b>	<b>106</b>	<b>20 5</b>	<b>20 3</b>	<b>25 5</b>	<b>22 0</b>	<b>32 8</b>	<b>-</b>	<b>10 6</b>	<b>20 5</b>
7	<b>Бискв. снек с молоч. суфле 4x26г</b>	<b>1 060</b>	<b>904</b>	<b>2,00</b>	<b>100</b>	<b>18 1</b>	<b>18 4</b>	<b>14 7</b>	<b>17 3</b>	<b>27 5</b>	<b>-</b>	<b>10 0</b>	<b>18 1</b>
8	Йогурт с драже 120гр.	341	153	1,50	33	71	53	46	66	72	-	33	71
9	Йогурт с хлопьями "Лайон" 120гр.	195	94	1,50	17	25	20	23	46	63	-	17	25
10	Йогурт фрукт 0,1% клуб/мал/анан/перс	166	113	1,50	32	25	21	29	26	34	-	32	25
11	<b>Кремовый мусс в</b>												

<sup>1</sup> Приходы продукции поставщиков с длинным сроком годности следует ставить в график приходов в последнюю очередь, чтобы распределить нагрузку на склад равномерно. Также можно выделить период для проведения инвентаризации на складе, в который будет осуществляться минимальное количество приходов.

	<b>шоколаде</b>	<b>491</b>	<b>381</b>	<b>2,00</b>	<b>83</b>	<b>63</b>	<b>33</b>	<b>86</b>	<b>81</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>83</b>	<b>63</b>
12	Маннй пудинг с вишневым соусом 450г	210	199	1,00	74	22	17	20	37	41		-	74	22
13	Фруктов. пудинг с ванил. соусом 450г	78	33	1,00	20	8	9	7	14	21		-	20	8
14	Шоколад. пудинг с ванил. соусом 450г	198	180	1,00	73	23	25	17	25	35		-	73	23
15	Ванильн. пудинг с шокол. соусом 450г	111	58	1,00	24	12	16	16	22	21		-	24	12

Рис.1 Таблица содержащая информацию по планируемым продажам

В составлении планов продаж по дням необходимо учитывать цикличность выбытия продукта по дням недели<sup>2</sup>.

## 2. Приходы

Таблица содержит приходы, удовлетворяющие потребность рынка до следующего прихода с установленным запасом в днях (см. рис.2):

	С	D	E	BD	DE	BF	B	B	B	B	B	B	BM	C	D
							G	H	I	J	K	L			
1															
2															
3					<b>Приходы 37-ой недели</b>							<b>Приходы 38-ой недели</b>			
4					<b>Пн</b>	<b>Вт</b>	<b>Ср</b>	<b>Чт</b>	<b>Пт</b>	<b>Сб</b>	<b>Вс</b>	<b>Пн</b>	<b>Вт</b>	<b>Ср</b>	<b>Чт</b>
5	<b>Приходы</b>	<b>Прод</b>	<b>С</b>	<b>Нор</b>	<b>08.09.08</b>	<b>09.09.08</b>	<b>10.09.08</b>	<b>11.09.08</b>	<b>12.09.08</b>	<b>13.09.08</b>	<b>14.09.08</b>	<b>15.09.08</b>	<b>16.09.08</b>	<b>17.09.08</b>	<b>18.09.08</b>
		<b>ажи</b>	<b>е</b>	<b>мати</b>											
		<b>т</b>	<b>в</b>	<b>(дн)</b>											
		<b>и</b>													
6	Бискв. снек "Несквик" с молоч.суфле 4x26г	1317	-	2,0		1008								1032	
7	Бискв. снек с молоч.суфле 4x26г	1060	-	2,0		720								1068	
8	Йогурт с драже 120гр.	341	-	1,5		150								350	
9	Йогурт с хлопьями "Лайон" 120гр.	195	-	1,5		130								200	
10	Йогурт фрукт 0,1% клуб/мал/анан/перс	166	-	1,5		160								200	

<sup>2</sup> Необходимо учитывать тот факт, что спрос на продукцию зависит от дня недели, например, на некоторые продукты максимальный спрос – перед выходными днями, а минимальный – в начале недели.

11	Кремовый мусс в шоколаде	491	-	2,0	280															536
12	Маннй пудинг с вишневым соусом 450г	210	-	1,0	280															72
13	Фруктов. пудинг с ванил. соусом 450г	78	-	1,0	40															160
14	Шоколад. пудинг с ванил. соусом 450г	198	-	1,0	272															96
15	Ванильн. пудинг с шокол. соусом 450г	111	-	1,0	184															120
					паллет:	16,1													паллет:	18,1
					ст-ть:	15406													ст-ть:	18464

Рис.2 Таблица содержащая информацию по приходам

При заказе необходимо брать в расчет следующие факторы: кратность заказа минимальной единице, минимальный возможный заказ, период поставки, продажи, срок годности на продукцию и пр.

### 3. Остатки (дней)

Таблица показывает на сколько дней продаж осталось торговать продукта на конкретный день

### 4. Остатки (кор.)

Таблица показывает остатки в коробах

Расчетные файлы служат для расчета заказов по поставщикам (в соответствии с построенным планом приходов)<sup>3</sup>.

2-ой уровень: единый файл, консолидирующий всю информацию с расчетных файлов по всем поставщикам, и отражающий всю картину по продажам, приходам, остаткам (дней), остаткам (кор.). Этим файлом могут пользоваться другие отделы компании, в качестве сводной таблицы, заранее предвидеть дефицит или избыток товара и принять соответствующие меры: увеличение цены (с целью уменьшения продаж и увеличения выручки) или резервирование товара под ключевых клиентов – в случае дефицита, или проведение акции по продукту – в случае избытка товара. Общая логика работы системы представлена на рис.3:

<sup>3</sup> Важно при построении расчетных файлов соблюдать единый формат файлов для улучшения эффективности использования файлов: интеграция расчетных файлов с финансовым планом, с планом продаж, составления отчетов и пр.

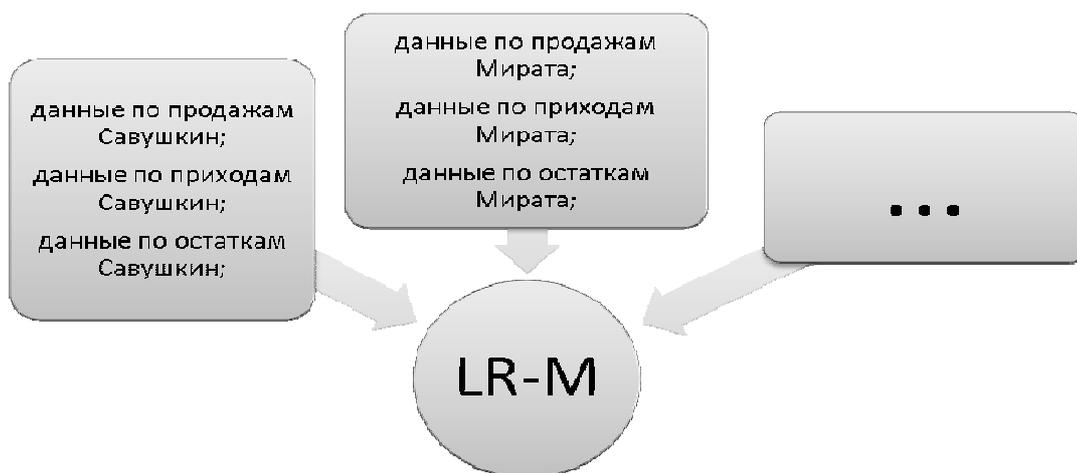


Рис.3 Структура системы закупок

**На третьем этапе** разрабатываются инструменты для усовершенствования планирования продаж и составления заказов: анализ данных по продажам; составление краткосрочных планов на основе составленных среднесрочных и долгосрочных планов; осуществляется построение бизнес-процессов так, чтобы полученный план закупок проходил через все отделы компании: отдел продаж - торговые представители принимали информацию о проблемном продукте), склад получал информацию о планируемых приходах для оптимизации загрузки мощностей) и другие отделы фирмы. Чтобы отслеживать эффективность деятельности отделов, необходимо добавление нормативных показателей по ключевым деятельности организации.

В результате проделанной работы мы получаем инструмент, позволяющий эффективно организовать работу по планированию закупок и продаж. Подобная логика построения системы может быть реализована в стандартном инструменте ОС Windows: MS Excel и использована малыми компаниями для расчета заказов.

## Литература

1. Dybskaya V.V, Sergeev V. I. Корпоративная логистика. — М.:ИНФРА-М, 2008. —976 с.
2. Zaycev M.G. Методы оптимизации. — М.:ДЕЛО, 2002. —304 с.
3. Sergeev V. I. Логистика в бизнесе. — М.:ИНФРА-М, 2001. —608 с.
4. Slyskin L.N., Курс МВА по прогнозированию в бизнесе - М.: Альпина / Бизнес Букс, 2006. - 277 с.
5. Firon X.E., Linders M.P., Управление снабжением и запасами.- ООО «Издательство Полигон», 1999 – 768с.

# **ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КАНАЛОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ПРАКТИКЕ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ**

Е.В. Авдейчикова

*Омский институт (филиал) РГТЭУ, г.Омск, Россия  
avdeich@mail.ru*

В статье рассмотрены понятия и сущность каналов распределения, логистических цепей и дистанционных способов реализации товаров, а также анализируется опыт использования российскими компаниями современных каналов распределения.

The paper considers the concept and nature of distribution channels, supply chains and remote way the sale of goods, as well as examines the experience of Russian companies, modern distribution channels.

## **Введение**

Процессы глобализации в мировой экономике наращивают своё присутствие во всех сферах общественного производства, в том числе и в сфере обращения. Практика свидетельствует, что организация системы распределения характеризуется, наличием множества участников цепей поставок, широкой номенклатурой распределяемых товаров, разнообразием условий и форм товародвижения. В свою очередь это требует интеграции и консолидации участников цепи поставок, основанных на концепции интегрированной логистики. Использование эффективных инструментов логистики позволяет оптимизировать затраты, связанные с системой распределения предприятия, добиться устойчивой и ритмичной его работы, координации многих взаимосвязанных процессов и операций.

В последние годы торговая отрасль также подвержена процессам глобализации и интеграции, что вызывает качественные и количественные изменения в системе её организации и управления. В большинстве стран торговый бизнес характеризуется как развитием традиционных форм торговли, так и формированием современных каналов распределения.

## **Сущность понятия дистанционной торговли и ее особенности**

В настоящее время кроме традиционной стационарной и не- стационарной торговли в связи с развитием научно-технического прогресса, информационных технологий и систем появились новые каналы распределения готовой продукции, дополняющие традиционные и сами по себе достаточно экономически и социально эффективные. К так

называемым «удалённым каналам» относятся: интернет-торговля, почтовые каталоги, вендинг и прочее – все эти способы продажи относятся к дистанционным. В соответствии с ГОСТР 51304-2009 «Услуги торговли. Общие требования» дистанционный способ реализации товаров осуществляется посредством ознакомления покупателя с предложенным продавцом описанием товаров, содержащимся в каталогах, проспектах, буклетах, а также посредством электронных средств массовой информации, средств связи (телерадиореклама, телемагазин, почтовая связь, интернет-торговля, электронный магазин) или иными способами, исключая возможность непосредственного ознакомления покупателя с товаром либо образцом товара. Дистанционный способ реализации товаров предполагает оказание услуг по доставке товаров путём их пересылки покупателям почтовыми отправлениями или иными способами [4]. Таким образом, удалённым можно считать канал распределения, в котором покупатель непосредственно не вступает в контакт с продавцом при выборе товара.

Дистанционная торговля как специфический канал распределения имеет определённые особенности:

- ознакомление покупателя с товаром осуществляется заочно;
- дистанционная торговля в целом повышает товарооборот компании;
- снижает затраты на продвижение товаров относительно традиционных методов продаж (отсутствие стационарных торговых предприятий);
- более 60% клиентов интернет-торговли в России живут в Москве и Санкт-Петербурге. В регионах клиентская база растёт медленно;
- ассортимент предложенных товаров шире, чем в стационарном торговом предприятии или у производителя;
- в ассортимент товаров в интернет-магазине стараются включать уникальные товары, более ни где не продаваемые;
- потребителям удобно, в комфортной обстановке выбирать товары дома, в офисе и др;
- для доставки заказанных товаров привлекаются курьерские службы и транспортные компании, специализирующиеся на данных услугах;
- одна из проблем интернет-торговли – отказ покупателей, т.е. возвраты. В России этот показатель составляет около 20%;
- в развитии дистанционной торговли хорошие перспективы имеют предприятия малого и среднего бизнеса;
- несовершенство законодательной базы приводит к случаям мошенничества и другие.

### **Развитие рынка удаленной торговли в России**

Рынок удалённой торговли, на котором реализация товаров осуществляется дистанционным способом, за десятилетие в России вырос в 20 раз. Объём продаж в 2010г составил 394 млрд.руб [3]. Наибольший объём рынка в

2010г приходится на интернет-торговлю - 192 млрд.руб, что составляет около 50% всей дистанционной торговли. Услугами покупок через интернет в России пользуются более 45 млн.человек ежегодно. Рост оборота торговли через интернет зафиксирован около 19% в год, а через торговые автоматы – 72% в сопоставимых ценах. Оборот через другие удалённые каналы увеличивается в среднем на 12% в год [2, с.37].

В настоящее время Россия по сравнению с другими зарубежными странами имеет невысокую долю удалённых каналов продаж. Например, доля продаж через Интернет в 2009г, в России составила 0,5% оборота розничной торговли, что в 5 раз ниже, чем в США. Вендинговые продажи занимают в России менее 1%, а продажи через каталоги, телемагазины и прочие удалённые каналы – только 1,3% , что составляет треть от уровня продаж в Германии и США [3, с.5].

При этом, следует отметить, что несмотря на низкую долю удалённых каналов в системе продаж, в России наметилась устойчивая положительная динамика этого сегмента рынка. Однако необходимо отметить, что наряду с развитием данного сегмента рынка растут и проблемы его регулирования. На дистанционную торговлю распространяется российское законодательство в области защиты прав потребителей. В соответствии с законом РФ «О защите прав потребителей» ст.26 «Договор розничной купли-продажи может быть заключён на основании ознакомления потребителя с предложенным продавцом описанием товаров посредством каталогов, проспектов, буклетов, фотоснимков, средств связи или иным дистанционным способом». При этом согласно п.4 данной статьи «Потребитель вправе отказаться от товара в любое время до его передачи, а после передачи товара – в течении 7 дней. Если сохранён товарный вид, потребительские свойства, документ, подтверждающий факт и условия покупки товара»[1]. Однако этих мер на наш взгляд, недостаточно и необходимо более детально регламентировать требования к разным формам дистанционной торговли.

Именно об этом в марте 2011г шла речь на круглом столе в торгово-промышленной палате РФ. Дискуссия была организована Комитетом ТПП РФ по развитию потребительского рынка, в рамках которого создана рабочая группа по удалённым каналам продаж. Интерес к этому мероприятию был вызван тем, что с целью повышения эффективности государственного регулирования удалённой торговли очень важно, участникам рынка выработать консолидированные предложения по актуальным вопросам развития этого рынка.

### **Использование современных каналов распределения в российских компаниях**

Далее рассмотрим каналы распределения, используемые российскими производителями. Во-первых, следует остановиться на понятии и

сущности канала распределения. В терминологическом словаре «Логистика» Родников А.Н. представил следующее определение: «Логистический канал, канал распределения, канал сбыта, канал товародвижения – частично упорядоченное множество посредников (дилеров, фирм, осуществляющих доведение материального потока от конкретного производителя до его потребителей. Логистический канал может включать и собственный сбытовой аппарат производителя»[5]. Во-вторых, в том же источнике автор приводит определение логистической цепи: «Логистическая цепь – линейно упорядоченное множество физических и юридических лиц (производителей, дистрибьютеров, складов общего пользования и т.д.), осуществляющих логистические операции по доведению материального потока внешнего от одной логистической системы до др. или до конечного потребителя. Логистическая цепь состоит из поставщика и потребителя, в более сложных случаях логистическая цепь может иметь древовидную структуру»[5]. Таким образом, преобразование логистического канала в логистическую цепь происходит при выборе грузополучателем определённого посредника – участника логистической цепи. Все участники логистической цепи объединены одной целью и должны понимать, что, только начав отношения, основанные на партнерстве, можно решить задачу снижения расходов всей системы распределения. Но большинство российских компаний еще не готово к такому подходу. Причиной этого являются:

- ✓ слишком малый опыт в управлении всей цепочкой поставок;
- ✓ дефицит менеджеров, которые способны применить логистический подход к управлению компанией;
- ✓ внутренняя и внешняя коррупция;
- ✓ несовершенное законодательство;
- ✓ применение «серых» схем во взаиморасчетах;
- ✓ недостаточное использование автоматизированных систем управления;
- ✓ слабое знание современных тенденций логистики специалистами служб логистики;
- ✓ информационная непрозрачность.

Все это порождает недоверие между участниками логистической цепи. Основные каналы распределения готовой продукции от производителя к розничным торговым предприятиям и конечным потребителям представлены на рисунке 1[6]. Данная схема демонстрирует использование разнообразных каналов по их числу участников, ширине и длине. Начиная с так называемого нулевого канала, когда готовая продукция от производителя напрямую попадает в розничное торговое предприятие. Таким примером служит фирменная торговля. К одноуровневому относятся каналы минимум с одним посредником между товаропроизводителем и

розничным предприятием. Двухуровневый канал распределения представлен двумя участниками цепи поставок между производителем и потребителем и т.д.

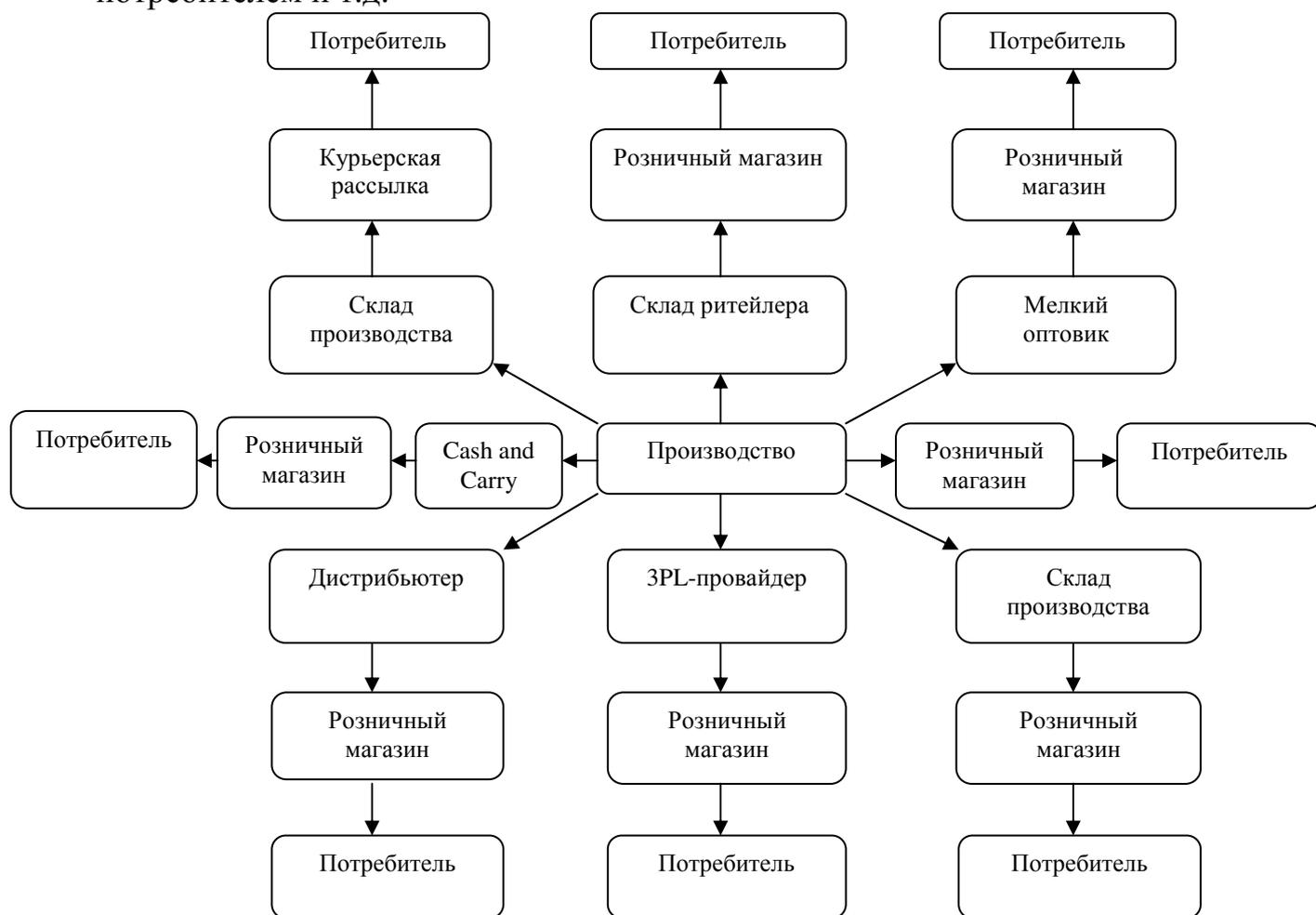


Рисунок 1- Каналы распределения готовой продукции

Использование посредников в каналах распределения приносит производителям определенные выгоды. В частности можно добиться экономии финансовых средств на распространение продукции, при этом осуществлять продажу более эффективными методами и в результате иметь высокую эффективность в обеспечении широкой доступности товара и доведения его до целевых рынков. В случае использования аутсорсинга, сокращаются объёмы работ собственно производителем по распределению продукции, и появляется возможность сфокусировать средства на основном производстве.

Таким образом, решение о выборе каналов распределения – одно из важнейших, которое необходимо принять руководству организации. Канал распределения – это путь, по которому товары движутся от производителя к потребителю. Выбранные каналы непосредственно влияют на скорость, время, эффективность движения и сохранность продукции при ее доставке от производителя к конечному потребителю. Его задача – обеспечить

перемещение и изменение в праве собственности на товары и услуги, а также сгладить неравномерность их потоков.

Существует достаточно большое разнообразие посредников в каналах распределения, они как участники цепи поставок могут выполнять следующие функции:

- 1) организуют товародвижение – транспортировку и складирование товара;
- 2) стимулируют сбыт, распространяя информацию и рекламу о товаре;
- 3) налаживают и поддерживают связи с потенциальными покупателями;
- 4) дорабатывают, сортируют, упаковывают и монтируют товар;
- 5) ведут переговоры, согласовывают цены и другие условия продажи;
- 6) финансируют функционирование канала;
- 7) страхуют партии товаров, принимая на себя риск ответственности за функционирование канала;
- 8) собирают информацию для планирования сбыта;
- 9) поддерживают информационное обеспечение компании и связь с потребителями (клиентами) т.д.

На кафедре «Коммерция и Логистика» Омского института (филиала) РГТЭУ было проведено аналитическое исследование системы распределения одного из омских товаропроизводителей.

В качестве объекта исследования было выбрано оптово-производственное предприятие ИП Козарев А.А., специализирующееся на производстве и продаже детских игрушек, функционирующее на региональном рынке. Предприятие ИП Козырев А.А. осуществляет свою деятельность с 1996 года сначала как оптовая компания, реализующая продукцию китайских производителей детской игрушки на омском рынке. С 2001 года компания организовала собственное производство игрушек. В рамках производственно-сбытовой деятельности предприятие занимается производством игрушек, а также является оптовым предприятием и предлагает на рынке товары для детей отечественных и зарубежных производителей.

В настоящее время предприятие предлагает широкий ассортимент игрушек, более 1500 наименований, из них около 400 наименований собственной продукции. Поставки осуществляются в крупные регионы России и ближнее зарубежье. Границы деятельности предприятия расширяются с каждым годом, это связано со стратегией компании, которая предполагает заключение договоров с большим количеством контрагентов. На сегодняшний день её клиентами являются не только множество российских компаний, таких как: «Рич - Тойс» (Красноярск), «Русский стиль» и «Наша игрушка» (Москва), ИП Витковский С.И. (Екатеринбург), «Союз-игрушка» (Челябинск) и многие другие, но и зарубежные покупатели. Среди них: торговая сеть «Твойдодыр» (Казахстан), ТОО «World Wise Line Inc» (Казахстан).

На потребительском рынке г.Омска, Омской области и других регионов России данная организация позиционируется как «Омская фабрика игрушек». Омская фабрика игрушек является производителем мягкой и пластмассовой игрушки. Помимо своей производственной деятельности является оптовым предприятием. Компания функционирует на рынке «B2B», то есть бизнес для бизнеса. Три года назад компания создала свой сайт, где клиенты знакомятся с новостями, ассортиментом и ценами на продукцию Омской фабрики игрушек, а также могут сделать заказ в удобное время, через сайт компании. В структуре продаж данный канал составил в 2010 год 15 %. Следует отметить, что за три года оборот Интернет-торговли вырос в три раза и эта цифра растет с каждым годом. Компания не использует прямой сбыт собственной продукции, не имеет собственных торговых предприятий, не реализует продукцию конечному потребителю через механизм прямого маркетинга, т.е. не использует нулевой канал распределения товаров. «Омская фабрика игрушек» работает с юридическими лицами и иными субъектами предпринимательской деятельности. В г.Омске предприятие реализует как собственную продукцию, так и игрушки других производителей. В регионы ИП Козырев А.А. поставляет только продукцию собственного производства. Предприятие использует как транзитную, так и складскую формы товародвижения. На рисунке 2 представлен пример использования различных каналов распределения на исследуемом предприятии. Трехуровневые каналы распределения также используются «Омской фабрикой игрушек», но отследить их крайне сложно.

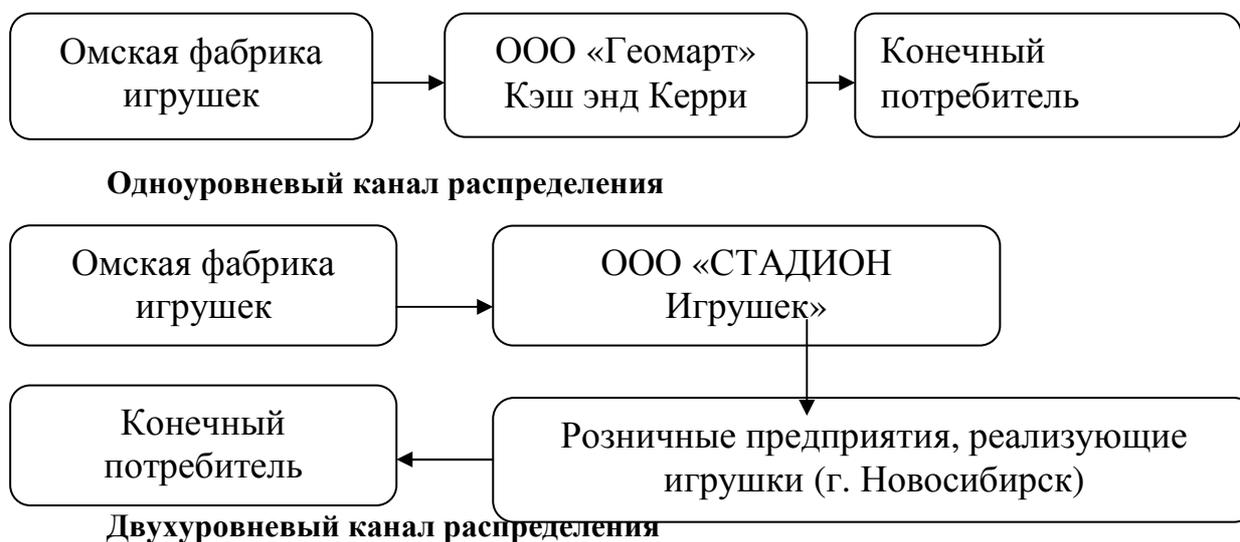


Рисунок 2 - Каналы распределения «Омской фабрики игрушек»

### Заключение

В целом можно сказать, что на предприятии ИП Козырев А.А., создана и функционирует система сбыта продукции. Клиентами предприятия

являются многие крупные города Российской Федерации от востока до запада, и их число с каждым годом растет. Компания использует одно-двух- и трехуровневые каналы распределения продукции. Кроме традиционных каналов распределения, на предприятии внедрён удаленный канал – интернет-торговля. В целях продвижения собственной продукции «Омской фабрики игрушек» в регионы европейской части страны было предложено рассмотреть возможность заключение договора с одним из логистических провайдеров : «FM Logistik», ООО «Зиллион-Логистик», ООО«ЛогЛаб», т.е передать логистическую функцию по хранению и грузопереработке на аутсорсинг. С учётом объёмов производства и заказов клиентов столичного региона наиболее приемлемым вариантом оказался провайдер ООО «ЛогЛаб».

Омская фабрика игрушек использует селекционное распределение, которое дает возможность добиться необходимого охвата рынка при более жестком контроле и с меньшими издержками, чем при интенсивном. При этом в организации системы распределения выявлено ряд недостатков. Это прежде всего связано с отсутствием логистической плановой координацией потоковых процессов в компании. В результате происходят частые оперативные корректировки намеченных планов производства и продаж, что нередко порождает нестабильность запасов сырья и готовой продукции на складе, увеличивает складские и транспортные издержки, долю запасов в оборотном капитале.

В заключении необходимо отметить, что дистанционная торговля, являясь составляющей в построении мультиканальных схем распределения, обеспечивает производственному предприятию определенную устойчивость и стабильность, дополнительную аудиторию потребителей, устойчивый рост спроса, что позволяет оптимизировать производство и производственные расходы. Государство через поддержку такого вида торговли сможет обеспечить население дополнительными рабочими местами, пополнить бюджет, поднять социальный уровень населения, как за счет роста занятости, так и доступности товаров и услуг

### **Литература:**

1. Закон Российской Федерации «О защите прав потребителей», от 07.02.1992, №2300-1.
2. Зимин В.А. Перспективы и стратегия развития российской торговли //Конъюнктура товарных рынков.Маркетинг&логистика.-№4,2010.-С.36-40.
3. Немагазинная торговля.//Современная торговля.-№3, 2011.-С.4-6.
4. ГОСТ Р 51304-2009 «Услуги торговли. Общие требования».-М, Стандартинформ, 2010, 8с.
5. Родников А.Н. Логистика: Терминологический словарь.- М.: Экономика, 1995.- 251с.
6. Торговые сети на рубеже глобальных изменений.//Логистика и управление.- №8, 2009г.

# SMART ENVIRONMENT FOR VIRTUAL LOGISTIC HUB SUPPORT

A. Smirnov, A. Kashevnik, N. Teslya, N. Shilov

*SPIIRAS, St.Petersburg, Russia  
smir@ias.spb.su*

## **Abstract**

The paper researches advantages of virtual logistic hub support by the technology of smart spaces, where various electronic devices can seamlessly access required information distributed in the multi-device system from any of the devices. The proposed approach is based on such technologies as Web-services, user and group profiling, context management, decision mining. The developed group recommendation system allows accumulation of knowledge about user actions and decisions and compromising between group and individual preferences. The Smart-M3 open source platform was chosen as a basis for the proposed approach.

## **1. INTRODUCTION**

The Region constituted by St. Petersburg, Russia and Helsinki, Finland together with nearby cities (Imatra, Lappeenranta, Kotka, Vyborg) has a good potential in the transportation sector, since it integrates all types of transport means (from personal cars, taxis, and buses to trains, ferries, and airplanes). However, today the travelling in the Region is complicated due to a number of reasons, e.g., unpredictable situation at border crossing, unknown traffic condition on the roads, isolation of train, bus, and airplane schedules.

The increase of travelling will be a significant step towards development of the integrated economic zone in the Region. This can be achieved via integrating of the Region's transportation means into a universal logistic hub for travelling within the Region and all around the world. In order for this hub to function, an efficient transportation system within the region has to be formed.

The proposed approach is aimed at support of dynamic configuration of virtual multimodal logistics networks, based on user requirements and preferences. The main idea is to develop models and methods that would enable ad-hoc configuration of multimodal logistic network. They are planned to be based on dynamic optimization of the route and transportation means as well as to take into account user preferences together with unexpected and unexpressed needs (on the basis of the profiling technology).

The target group of the proposed approach includes mainly small business and personal travellers, whose trips are usually characterized as non-regular, not expensive, and safe. Besides, such travellers usually (and reasonably) travel by cars, buses and trains within the radius of 450-500 kilometres. The size of the

considered Region (the South of Finland and St. Petersburg region) falls into this radius.

Besides, the proposed general framework will be a channel for collecting user's feedback, preferences and demands for new services, that users cannot find in the Region or quality of which shall be improved. What is important is that not only the problem is identified, but in most cases immediate hints / suggestions can be provided regarding what shall be done to better serve users' needs.

The framework will also significantly benefit to the ecological situation in the region via reducing not necessary transportation and waiting time for border crossing. In accordance with Global GHG Abatement Cost Curve v 2.0 [1] in the travelling sector the carbon emission can be significantly decreased (0,5 GtCO<sub>2</sub>e (gigaton of carbon dioxide equivalent) [1]; combined with [2] results in 10.4% of road transport or 7.5% of all transport) via more efficient route planning, driving less, switching from car to rail, bus, cycle, etc. Additionally, the fact that the transport sector is 95% oil dependent makes it vulnerable to the expected rise in oil price during this decade [3, 4]. As a result, evolving of flexible energy and eco-efficient logistics systems can be considered as one of the significant steps towards the knowledge-based low carbon economy.

Modern ICT make it possible to combine several ideas, which would result in a more flexible and efficient transportation systems. The recently appeared technology of smart environment is one of such steps towards the information-driven collaboration. Rephrasing the definition given in [5] the smart environment can be defined as small world around someone where devices are continuously and autonomously acquire and apply knowledge to make lives more comfortable. This term is closely related to other terms as ubiquitous computing, pervasive computing, smart space and similar. These areas significantly overlap each other [6]. In this paper, the smart environment is defined as a number of devices that can share information and services independently of their physical location.

Until recently, the most recommendation systems operated in the 2-dimensional space "user-product". They did not take into account the context information, which, in most applications can be critical. As a result, there was a need in development of group recommendation systems based not only on previously made decisions but also on the contexts of situations in which the decisions were made. This gave a rise to development of context-driven collaborative algorithms of recommendation generation since their usage would significantly increase the quality and speed of decision making.

As a result, the proposed approach assumes developing a group recommendation system for ad hoc generation of travel plans for the Region taking into account the current situation on the roads and border crossings, fuel management aspects, travel time and distance as well as explicit and tacit preferences of the travellers.

## 2. VIRTUAL LOGISTIC HUB

The idea of virtual logistic hub has already been mentioned in the literature (though it could have a different name, e.g., “e-Hub” [7]), but it is still devoted very little attention in the research community. For example, [8] and [9] consider the virtual logistic hub from organizational and political points of view. Generally, virtual logistic hub represents a virtual collaboration space for two types of members: (i) transportation providers (who actually moves the passengers or cargo), and (ii) service providers (who provides additional services, e.g., sea port, border crossing authorities, etc.). These providers can potentially collaborate in order to increase the efficiency of the logistic network (solid lines in Figure 1), however, it is not always the case. The major idea of the virtual logistic hub is to arrange transportation based on the available schedules and capabilities of transportation and service providers, current and foreseen availability and occupancy of the transportation means and services (“dash-dot” lines in Figure 1). In this case, even though the schedules and actions of different members are not coordinated, the virtual logistic hub will be able to find the most feasible transportation schedule depending on the current situation and its likely future development. For the end-user (travellers or cargo owners), all this is hidden “under the hood”, and only the final transportation schedule is seen (solid lines in Figure 1).

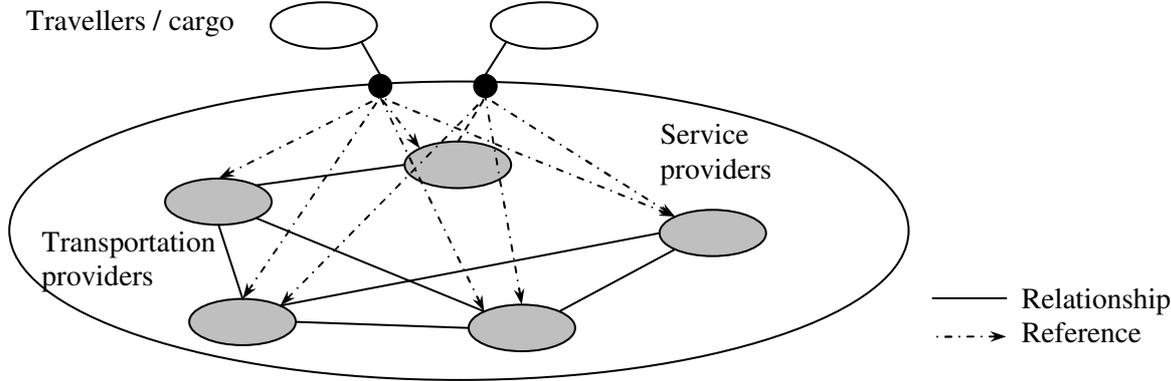


Figure 1. Generic scheme of the virtual logistic hub

## 3. APPROACH

Figure 2 represents the generic scheme of the approach. The main idea of the approach is to represent the logistics system members by sets of services provided by them. This makes it possible to replace the configuration of the logistics system with that of distributed services. For the purpose of semantic interoperability, the services are represented by Web-services using the common notation described by a common ontology. The agreement between the services and the ontology is expressed through alignment of the descriptions of the

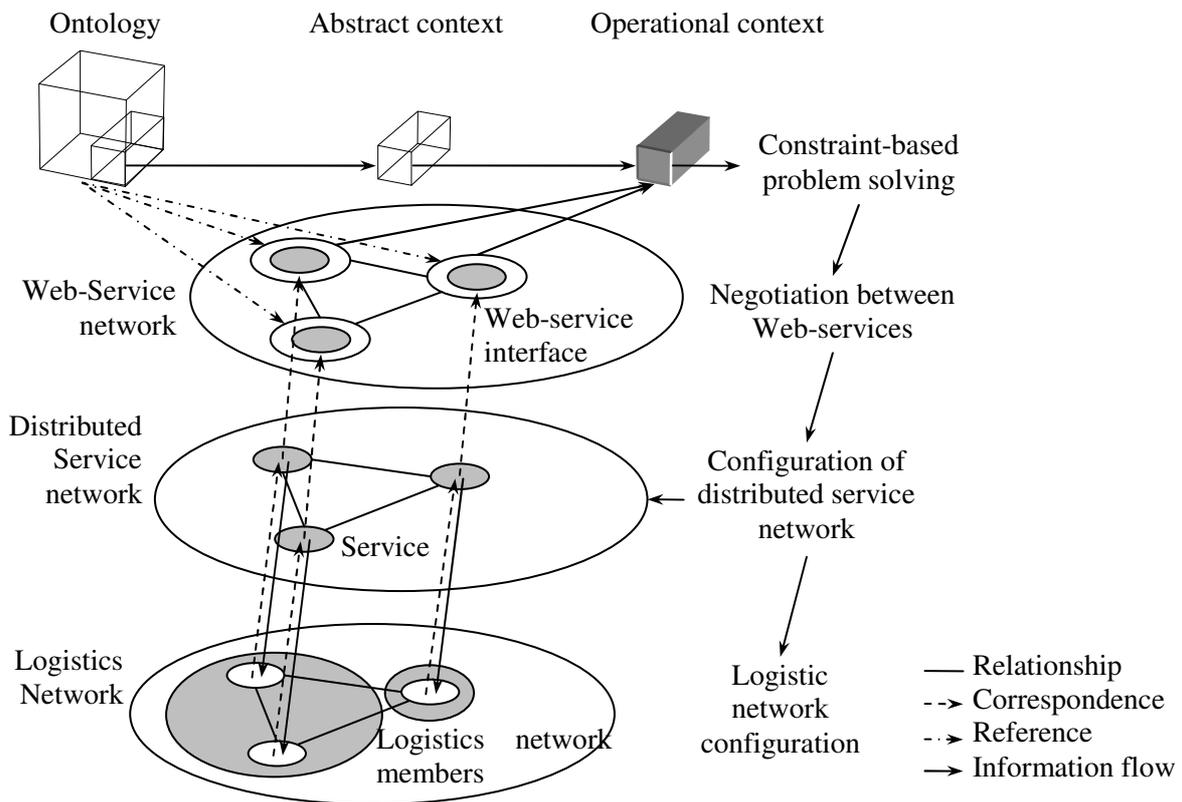


Figure 2. Generic scheme of the approach

services modelling the logistic network members' functionalities and the ontology. In the proposed approach the formalism of Object-Oriented Constraint Networks (OOCN) is used (its detailed description can be found in [10]) for knowledge representation in the ontology.

Depending on the problem considered, the relevant part of the ontology is selected forming an abstract context. The abstract context is an ontology-based model embedding the specification of problems to be solved. It is created by core services incorporated in the environment. When the abstract context is filled with values from the sources, an operational context (formalized description of the current situation) is built. The operational context is an instantiated abstract context and the real-time picture of the current situation. Since the logistic network members are represented by sets of services, the configuration of the logistic network is replaced with that of the service network. Besides the operational context producing, the services are purposed to solve problems specified in the abstract context and to pass the assignments to the logistic network members. Due to the usage of the OOCN formalism the operational context represents the constraint satisfaction problem that is used during organisation of services for a particular task.

It can be guessed that for each particular situation there can be a large amount of feasible solutions for the users to choose from (e.g., the fastest transportation, the least amount of transfers, sightseeing routes, etc.). As a result, the paper proposes to build such a system as a group recommendation system that learns

user preferences and recommends solutions, which better meet those preferences.

#### **4. GROUP RECOMMENDATION SYSTEM ARCHITECTURE**

Generation of feasible transportation plans taking account explicit and tacit preferences requires strong IT-based support of decision making so that the preferences from multiple users could be taken into account satisfying both the individual and the group [11]. Group recommendation systems are aimed to solve this problem.

Recommendation / recommending / recommender systems have been widely used in the Internet for suggesting products, activities, etc. for a single user considering his/her interests and tastes [12], in various business applications (e.g., [13, 14]) as well as in product development (e.g., [15, 16]). Group recommendation is complicated by the necessity to take into account not only personal interests but to compromise between the group interests and interests of the individuals of this group.

There are two major types of recommending systems: (i) content-based (recommendations are based on previous user choices), and (ii) collaborative filtering (recommendations are based on previous choices of users with similar interests). The second type is preferable for the domains with larger amounts of users and smaller activity histories of each user, which is the case for the logistics hub.

In literature (e.g., [17, 18]) the architecture of the collaborative filtering recommending system is proposed based on three components: (i) profile feature extraction from individual profiles, (ii) classification engine for user clustering based on their preferences (e.g., [19]), and (iii) final recommendation based on the generated groups. The core of such system is a clustering algorithms capable to continuously improve group structure based on incoming information enables for self-organization of groups [20].

The proposed group recommendation system architecture for logistics hub is presented in Figure 3. It is centralized around the user clustering algorithm [21] originating from the decision mining area [22-24]. The proposed clustering algorithm is based on the information from user profiles. The user profiles contain information about users including their preferences, interests and activity history (a detailed description of the profile can be found in [25]). Besides, in order for the clustering algorithm to be more precise, this information is supplied in the context of the current situation (including current user task, time pressure and other parameters). The semantic interoperability between the profile and the context is supported by the common ontology.

The user profiles are considered to be dynamic and, hence, the updated information is supplied to the algorithm from time to time. As a result, the algorithm can run as updated information is received and update user groups.

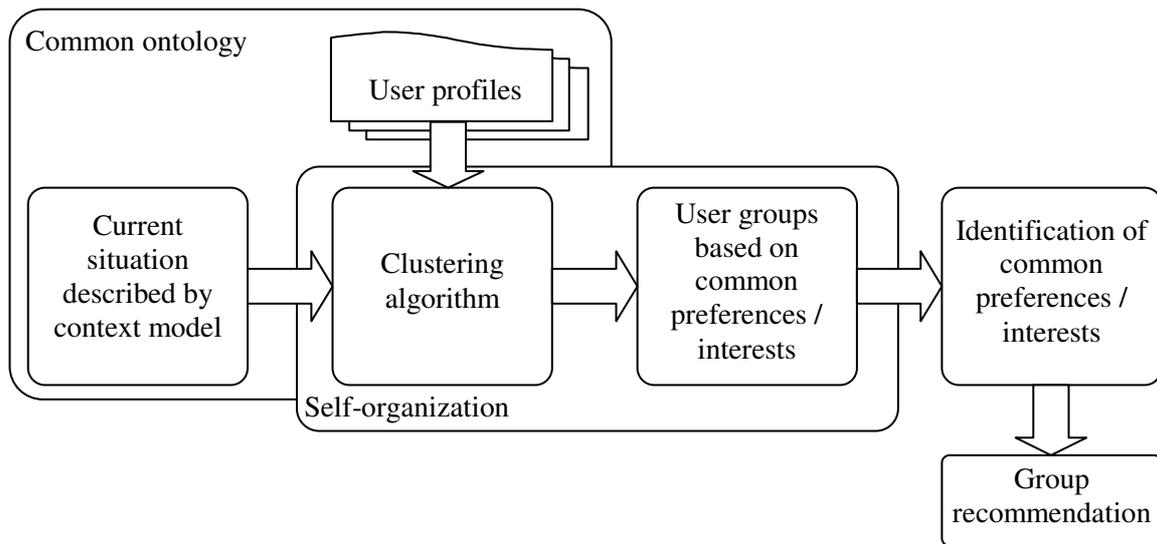


Figure 3. Group recommendation system architecture

Hence, it can be said that the groups self-organize in accordance with the changes in the user profiles and context information.

When groups are generated the common preferences / interests (e.g., the fastest transportation, the least amount of transfers, sightseeing routes, etc.) of the groups are identified based on the results of the clustering algorithm. These preferences are then generalized and analyzed in order to produce group recommendations.

## 5. PROTOTYPE DESCRIPTION

For the purpose of prototype implementation the Smart-M3 platform is used [26, 27]. The key idea in Smart-M3 is that devices and software entities can publish their embedded information for other devices and software entities through simple, shared information brokers. The understandability of information is based on the usage of the common ontology models and common data formats. It is a free to use, open source solution available in BSD license [28]. The approach presented in the paper is aimed at solving the above mentioned problems via usage of the Smart-M3 platform and underlying technologies.

Figure 4 represents an example of the user interface for the traveller who is leaving St.Petersburg by train, but before he/she has to take a bus to the railway station and to have two short walks to the bus stop and from the bus stop to the train.

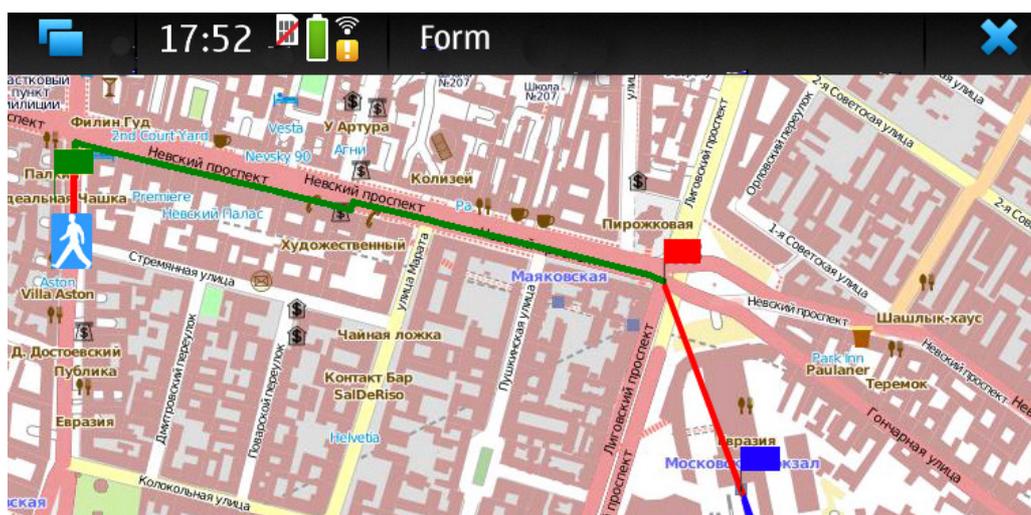


Figure 4. Architecture of the virtual logistic hub prototype

## CONCLUSION

The paper presents an approach to development of group recommendation system for virtual logistic hub. Virtual logistic hub performs ad-hoc transportation scheduling based on the available schedules, current and foreseen availability and occupancy of the transportation means and services even though they do not cooperate with each other. The approach is based on application of such technologies as smart environment, user and group profiling, context management, decision mining.

Presented research is at an early development stage. The future work is aimed at implementation of the proposed system in a limited domain for validation of its applicability and efficiency.

## ACKNOWLEDGMENTS

Some parts of the research were carried out under projects funded by grants # 11-07-00045-a, # 12-07-00298-a, # 12-07-00302-a of the Russian Foundation for Basic Research, project 2.2 of the Nano- & Information Technologies Branch of the Russian Academy of Sciences, and project 213 of the research program “Information, control, and intelligent technologies & systems” of the Russian Academy of Sciences.

## REFERENCES

1. Global GHG Abatement Cost Curve v 2.0, 2009, <https://solutions.mckinsey.com/ClimateDesk/default.aspx>. Retrieved: June, 2011.
2. CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion: Highlights, in: *IEA Statistics*, pp. 121, 2010, <http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>. Retrieved: February, 2012.
3. UK Industry Task Force for Peak Oil and Energy Security, The oil crunch, Final report, 2010, [http://peakoiltaskforce.net/wp-content/uploads/2010/02/final-report-uk-itpoes\\_report\\_the-oil-crunch\\_feb20101.pdf](http://peakoiltaskforce.net/wp-content/uploads/2010/02/final-report-uk-itpoes_report_the-oil-crunch_feb20101.pdf). Retrieved: February, 2012.

4. US Joint Forces Command, The Joint Operation Environment (JOE), 2010, [http://www.jfcom.mil/newslink/storyarchive/2010/JOE\\_2010\\_o.pdf](http://www.jfcom.mil/newslink/storyarchive/2010/JOE_2010_o.pdf). Retrieved: February, 2012.
5. Cook, D., Das, S. Smart Environments: Technology, Protocols and Applications, Wiley InterScience, ISBN 0-471-54448-5, 432 p., 2004.
6. Balandin, S., Moltchanov, D., and Koucheryavy, Y., eds. Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking, Springer, LNCS 5764, 382 p., 2009.
7. Chang, E., Dillon, T., Gardner, W., Talevski, A., Rajugan, R., and Kapnoullas, T. A Virtual Logistics Network and an E-hub as a Competitive Approach for Small to Medium Size Companies, in: *Web and Communication Technologies and Internet-Related Social Issues – HIS 2003*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Vol. 2713, 2003, pp. 167-168.
8. Working Group on Logistics. Developing Singapore into a Global Integrated Logistic Hub, Report, 2002. [http://app.mti.gov.sg/data/pages/507/doc/ERC\\_SVS\\_LOG\\_MainReport.pdf](http://app.mti.gov.sg/data/pages/507/doc/ERC_SVS_LOG_MainReport.pdf). Retrieved: February, 2012.
9. Sweeney, E. Supply Chain Management in Ireland: the Future Logistics Solutions, in: *the Journal of the National Institute for Transport and Logistics*, Vol. 5, No. 3, June 2002, pp. 14-16.
10. Smirnov, A., Levashova, T., Shilov, N. Semantic-oriented support of interoperability between production information systems, in: *International Journal of Product Development*, Inderscience Enterprises Ltd., Vol. 4, No. 3/4, 2007, pp. 225-240.
11. McCarthy, K., Salamo, M., Coyole, L., McGinty, L., Smyth, B., and Nixon, P. Group Recommender Systems: A Critiquing Based Approach, in: *IUI '06: Proceedings of the 11<sup>th</sup> international conference on Intelligent user interfaces*, 2006, pp. 267-269.
12. Garcia, I., Sebastia, L., Onaindia, E., and Guzman, C. Group Recommender System for Tourist Activities, in: *EC-Web 2009: Proceedings of E-Commerce and Web Technologies, The 10th International Conference (2009)*, Springer, LNCS 5692, 2009, pp. 26-37.
13. Hornung, T., Koschmider, A., and Oberweis, A. A Recommender System for Business Process Models, in: *WITS'09: Proceedings of the 17th Annual Workshop on Information Technologies & Systems, 2009*. Electronic resource. <http://ssrn.com/abstract=1328244>. Retrieved: February, 2012.
14. Zhena, L., Huangb, G. Q., and Jiang, Z. Recommender system based on workflow, in: *Decision Support Systems*, Elsevier, Vol. 48, No. 1, 2009, pp. 237-245.
15. Moon, S. K., Simpson, T., W., and Kumara, S. R. T. An agent-based recommender system for developing customized families of products, in: *Journal of Intelligent Manufacturing*, Springer, Vol. 20, No. 6, 2009, pp. 649-659.
16. Chen, Y.-J., Chen, Y.-M., and Wu, M.-S. An expert recommendation system for product empirical knowledge consultation, in: *ICCSIT2010: The 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology*, IEEE, 2010, pp. 23-27.
17. Baatarjav, E.-A., Phithakkitnukoon, S., and Dantu, R. Group Recommendation System for Facebook, in: *OTM 2008: Proceedings of On the Move to Meaningful Internet Systems Workshop (2008)*, Springer, LNCS 5333, 2008, pp. 211-219.
18. Middleton, S. E., De Roure, D., and Shadbolt, N. R. Ontology-Based Recommender Systems, in: *Handbook on Ontologies*, Staab, S. and , Studer, R., eds., Springer, 2003, pp. 477-498.
19. Romesburg, H. C. Cluster Analysis for Researchers, Lulu Press, California, 2004, 344 p.
20. Flake, G. W., Lawrence, S., Giles, C. L., and Coetzee, F. Self-Organization and identification of Web Communities, in: *IEEE Computer*, Vol. 35, No. 3, 2002, pp. 66-71.

21. Smirnov, A., Pashkin, M., and Chilov, N. Personalized Customer Service Management for Networked Enterprises, in: *ICE 2005: Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Concurrent Enterprising*, 2005, pp. 295-302.
22. Smirnov, A., Pashkin, M., Levashova, T., Kashevnik, A., Shilov, N. Context-Driven Decision Mining, in: *Encyclopedia of Data Warehousing and Mining*, Wang, J., ed., Hershey, New York, Information Science Preference, Second Edition. Vol. 1., 2008, pp. 320 – 327.
23. Rozinat, A., and van der Aalst, W. M. P. Decision Mining in Business Processes, BPM Center Report No. BPM-06-10, 2006.
24. Petrusel, P., and Mican, D. Mining Decision Activity Logs, in: *BIS2010: Proceedings of Business Information Systems Workshops*, Springer, LNBI 57, 2010, pp. 67–79.
25. Smirnov, A., Levashova, T., Kashevnik, A., and Shilov, N. Profile-based self-organization for PLM: approach and technological framework, in: *PLM 2009: Proceedings of the 6th International Conference on Product Lifecycle Management*, Electronic proceedings, 2009.
26. Honkola, J., Laine, H., Brown, R., Tyrkkö, O. Smart-M3 information sharing platform, in: *The 1st Int'l Workshop on Semantic Interoperability for Smart Spaces (SISS 2010) in conjunction with IEEE ISCC 2010*, electronic proceedings, 2010.
27. Smart-M3 at Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Smart-M3>. Retrieved: February, 2012.
28. Smart-M3 at Sourceforge, <http://sourceforge.net/projects/smart-m3>. Retrieved: February, 2012.

# MULTI-PERIOD OPTIMAL INVENTORY-ROUTING PLANNING IN MULTI-STAGE DISTRIBUTION NETWORKS

**D. Ivanov\***, **B. Sokolov\*\***, **A. Pavlov\*\***

*\*Berlin School of Economics and Law, Department of Business Administration  
Chair of International Supply Chain Management, 10825 Berlin, Germany  
Phone: +49 3085789155; E-Mail: dmitri.ivanov@mail.ru*

*\*\*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS (SPIIRAS)  
V.O. 14 line, 39 199178 St. Petersburg, Russia; E-Mail: sokol@iias.spb.su*

A real case-study of distribution planning is considered. Based on a combination of fundamental results of modern optimal program control theory and operations research, an original approach to distribution network planning is developed in order to answer the challenges of dynamics, uncertainty, and adaptivity in SCs. First, uncertainty of execution is modelled integrated with the recommendations of how to proceed with the execution after the disturbance. Second, the execution scenarios are modelled taking into account instability of the SC structure. The results provide decision-makers with possibility to (1) plan optimal distribution in existing SC networks subject to cost and service level optimization and (2) analyse plans and networks structures subject to disturbances and decision in sourcing planning and SC design.

*Keywords:* distribution planning, multi-period, multi-stage, adaptation, linear-programming, optimal program control

## INTRODUCTION

Distribution network (DN) planning is a referenced research problem that is vital in many supply chains (SC) in order to successfully meet the customer needs while improving the performance efficiency (Mula et al. 2010). Given a location structure from facility planning, customer demand from forecasting, and order quantities from inventory management and sourcing planning, the aggregate transportation volumes between suppliers and customers need to be determined for a middle-range period of time (e.g., one month) so that the total costs (e.g., transportation and inventory) and service level are improved (Tayur et al. 1999). The problem is typically constrained by limited capacity of nodes and arcs in the network (Akkermann et al. 2010).

Due to increase in complexity of modern logistics systems, the multi-stage SCs and corresponding distribution networks challenge the decision-making in this domain (Amiri et al. 2006). Another challenge is uncertainty of demand and supply. This forces the companies to build up inventories, transportation capacities, and use additional distribution centers as alternative distribution channels (Santoso et al. 2005). All these counter-measures cause the excessiveness of DN which in turn requires additional investments subject to an increase in fixed costs as the price for robustness (Bertsimas and Sim 2004, Peng et al. 2011).

Along with the importance of the optimization approaches to DN planning, research community has also recognized importance of the DN analysis subject to (1) impact of different disturbances on distribution execution and (2) actual usage of the created robustness excessiveness and nevertheless possible bottlenecks. Such an analysis has great practical importance since the companies are very interested in results of those studies which would help them to estimate the investments into different redundancies to mitigate uncertainty or their reduction and the impacts of these investments/reductions on the changes in SC performance (Craighead et al. 2007).

The goal of this study is to develop a DN planning and analysis model and to apply it for a concrete case-study and based on an original methodical approach called structure dynamics control (SDC) (Ivanov and Sokolov 2010, Ivanov et al. 2010).

**PROBLEM STATEMENT**

A distribution network (DN) of an enterprise in the FMCG (fast moving consumer goods) branch is considered. The DN is composed of two mega-hubs (nodes 1 and 6), a central distribution hub (node 4), two intermediate terminals (nodes 2 and 3), an outsourcing terminal (node 7), and a regional distribution center (node 5). The execution in each of the nodes and transportation arcs is limited by maximal warehouse capacity, processing rates, and transport intensities correspondingly, see Figure 1.

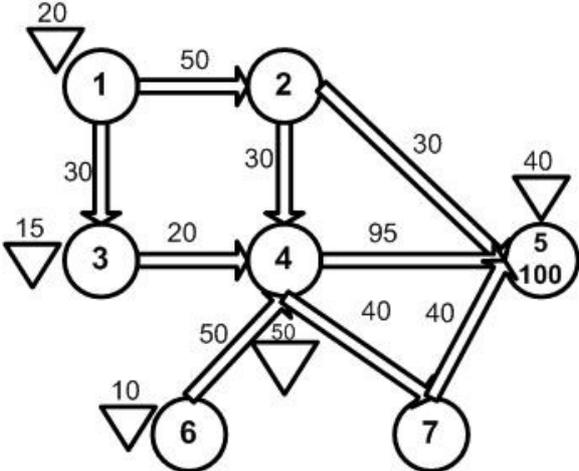


Figure 1. Distribution network structure

In Figure 1, triangles refer to the warehouse capacity and numbers on the arcs refer to maximal transportation intensity. The suppliers first deliver goods to mega-hubs 1 and 6. Then, the goods shall be processed in the central distribution hub 4 via cross-docking subject to maximal processing speeds. The goods from hub 1 should be additionally processed at intermediate terminals 2 and 3. From hub 4, the goods are moved to the regional distribution center 5 that has a certain demand in each of the periods (i.e., 100 units). In order to take into account possible problems with the channel 4→5, an outsourcing terminal is used as an

alternative way for deliveries to distribution center 5. Moreover, it is possible to move small quantities (maximal 30 units) directly from terminal 2 to center 5. The suppliers deliver certain order quantities to the nodes 1 and 6 at the beginning of each period, and many periods are involved into the planning horizon. The adaptive planning procedure is applied, i.e., the demand and order quantities become known only shortly before the beginning of the next period, and are known only for this period.

It is assumed, that:

- transportation/processing rates and warehouse capacities may change in each period,
- the demand of the regional distribution center may change in each period,
- any node or arc in the network may be temporarily unavailable,
- order quantities may vary in each period,
- inventory of the previous periods may be used in the following periods,
- if the processing speed and warehouse capacity are exceeded by the delivered quantity, unprocessed and non stored goods are sent back to an additional warehouse (not in the main network) subject to additional costs,
- sourcing, transportation and inventory costs are assumed to be a linear function from the quantities,
- fixed costs are related to both nodes and arcs and proportionally distributed between them.

The primary problem is to find the aggregate transportation volumes to be moved from mega-hubs through the intermediate stages to the regional distribution centers subject to maximizing the flow of goods and minimizing the total cost under (i) constrained capacities and rates and (ii) varying demand, supply and DN structure, for a multi-period case. The secondary problem consists of sensitivity analysis for the plan obtained subject to disturbances and taking into account interconnections with the decisions on capacity and sourcing planning.

## **METHODOLOGY**

The preliminary analysis of the problem has shown that it can be modelled as stochastic maximal flow model, i.e. as maximal flow models or minimal cost flow models (Lin 2001, Chou et al. 2011). However, the existing studies in this research area have not explicitly considered possible structure dynamics and its impact on the flow and costs. Besides, some peculiarities of the considered case-study such as return flows, many varying parameters, and multi-objective problem formulation represent the problems for applying graph-theoretical methods. Another possibility to model the considered problem can be the mathematical programming (MP)-based implementation (Mula et al. 2010) and inventory-routing problem class in particular (Anderson et al. 2010). However, due to the above-mentioned peculiarities, the number of variables and constraints became very large and would force us to make some unrealistic assumptions regarding dynamic changes in control and structural parameters. In addition, most of exist-

ing studies considered either two-stage or one-period systems, but rarely multi-stage and multi-period DN.

We propose to apply an original concept called *structure dynamics control (SDC)* (Ivanov et al. 2010, Ivanov and Sokolov 2012, Ivanov et al. 2012). The main idea of the SDC-based planning model is the dynamic interpretation of SC planning in accordance with the natural logic of time and the corresponding execution processes (e.g., transportation) with the help of OPC. However, the solution procedure is transferred to other methods (i.e., MP). In this setting, the solution procedure becomes undependable from the continuous optimization and can be of a discrete nature, e.g., an integer linear program.

The structure dynamics (i.e., the execution scenarios according to different structural states), inventory dynamics, and transitions between the intervals are modelled in the dynamic OPC model. This model differs in some aspects from classical OPC models (Lee and Markus, 1967). First of all, piecewise functions are contained in the right parts of state equations in order to describe the structure dynamics. It can be regarded as control problems with intermediate conditions (Moiseev, 1974). In addition, information about many parameters becomes available during the execution. Another feature is the form of time-spatial, technical, and technological non-linear conditions that are mainly considered in control constraints and boundary conditions. For such models, the application of known direct methods for solving OPC problems becomes complicated.

The assumption on the intervals of structural constancy allows to transit from the dynamic to static models. For each interval of structural constancy, a static discrete optimization problem of a smaller dimensionality can be solved with the help of an MP method. In particular, an integrated inventory-transportation model (Qu et al., 1999) is formulated and solved (Ivanov et al., 2011). Its particular feature is inventory consideration as a link between the time intervals.

In addition, within the intervals, the stationary parameters (e.g., warehouse capacities) are described in the static model, and the non-stationary parameters (e.g., dynamically changing order quantities or delivery frequencies) are described in the dynamic control model. This is very important as the computational time decrease considerably even if a large number of nodes or arcs area considered and additional constraints are introduced. Besides, the *a priori* knowledge of the SC structure, and moreover, structure dynamics, is no more necessary – the structures and corresponding functions are optimized simultaneously as the control becomes a function of *both states and structures*. The splitting of the planning period into the intervals occurs according to the natural logic of time and events.

## PLANNING RESULTS

According to different execution scenarios (calculated with the help of an original approach (Kopytov et al. 2010), optimal plans have been calculated. One example for an optimistic scenario is shown in Figure 2.

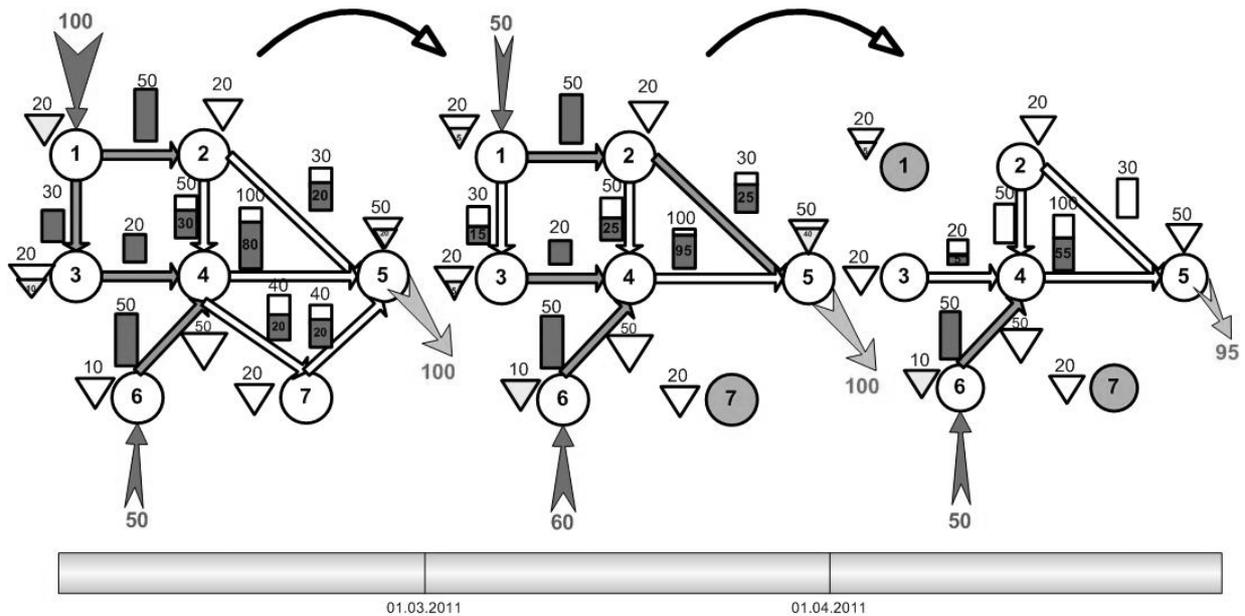


Figure 2. Structure dynamics control-based SC design analysis

The example considers three intervals of the structural constancy according to the above-mentioned SC planning model. The problem is to maximize the service level under the assumption of a demand of 300 units for the planned period of three months whilst minimizing the sum of the storage, transportation, backlog, return, production, and fixed costs. The yellow triangles show the warehouse capacities and their actual utilization. The blue quadrangles represent the transportation channel capacities and the actual transportation quantities.

The events for the transition to the second interval are the changes in sourcing volumes at nodes 1 and 6 as well as a failure in the operation of terminal 7. Analogously, the transition to the third interval of the structural constancy is caused by the failure in the operation of mega-hub 1 and terminal 7 along with the change in the production volume in node 6. Therefore, the SC structure dynamics considers both the adaptive planning (i.e., changes in the production volumes) and disturbances (i.e., node failures).

When running the planning model under the assumption of the high priority of the service level component in the goal function, the optimal solution delivers 295 units which is equal to the service level of 98.3 subject to the planned demand of 300 units. The experiments have shown that the proposed integrated model on the basis of OPC and MP performs significantly better as compared with multiple re-launching of the MP-based computation algorithm with new updated data.

## ANALYSIS RESULTS

The further analysis may include two basic decision groups: (1) analysis of SC design excessiveness and flexibility and (2) analysis of different scenarios of the SC execution.

In particular, the following questions can be addressed:

- What elements are critical for the SC design and what elements are excessive and can be removed without decreasing the service level?
- Do additional costs in SC design elements pay off by the increase in the service level subject to mitigating the negative effects of possible operation failures or a large delivery flow volume?
- What are the bottle-necks of the SC structure and where additional elements are needed?
- How sensitive are the SC structures and optimal solutions to different execution scenarios?

As an example, in Figures 3-4 the analysis of the capacity decrease in the central distribution hub (node 4) is presented.

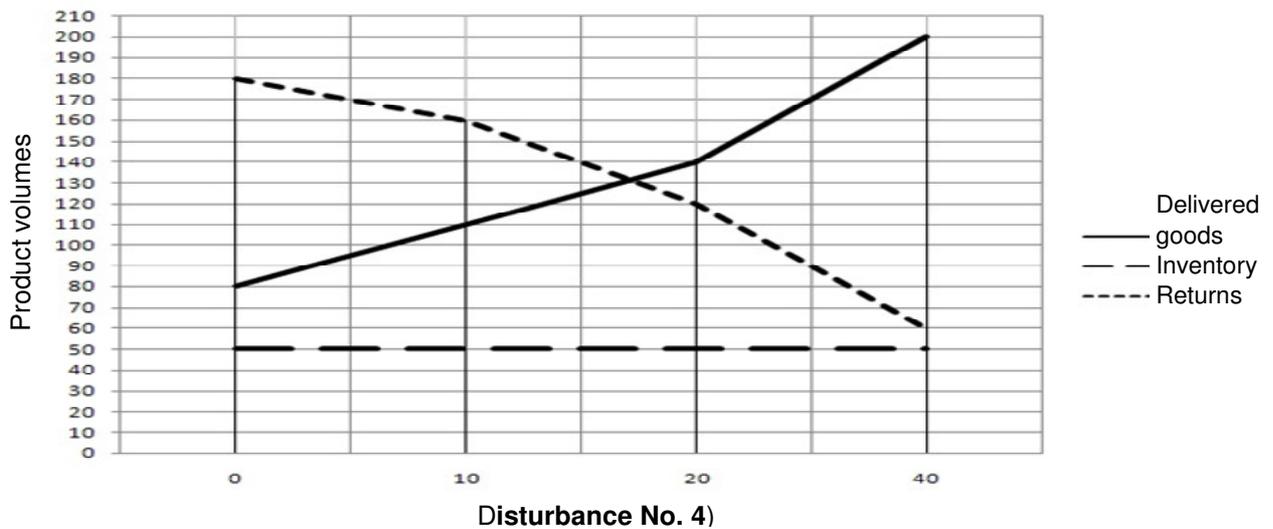


Figure 3. Changes in delivered, inventory, and returned products due to decrease in capacity of the node 4.

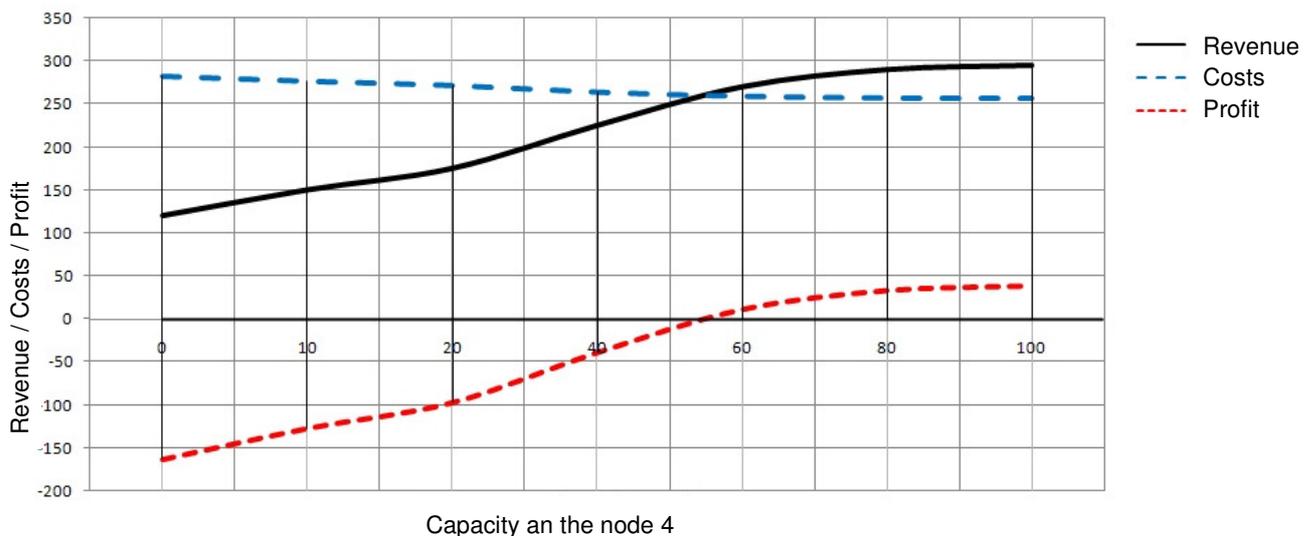


Figure 4. Monetary analysis of the capacity decrease in the central distribution terminal (node 4)

From the Figure 4 it can be observed that the positive profits may be achieved by the processing capacity decrease to up to the 57 units. After this point, the

number of the delivered goods and, as follows, the revenue fall significantly while the costs increase due to the higher inventory holding costs at the upstream nodes in the network.

## CONCLUSIONS

An original approach to distribution network planning has been developed. First, uncertainty of execution is modeled integrated with the recommendations of how to proceed with the execution after the disturbance. Second, the execution scenarios are modeled taking into account instability of the SC structure. The results provide decision-makers with possibility to (1) plan optimal distribution in existing SC networks subject to cost and service level optimization and (2) analyse plans and networks structures subject to disturbances and decision in sourcing planning and SC design.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research described in this paper is partially supported by grants of Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (10-07-00311, 11-08-01016, 11-08-00767), Saint-Petersburg Scientific Center RAS (SPII RAS project 2011), and the program of fundamental investigation of the department of Nano Technologies and Information Technologies RAS (project 2.3).

## LITERATUR

- [1] Akkerman R., Farahani, P., Grunow, M. 2010. Quality, safety and sustainability in food distribution: a review of quantitative operations management approaches and challenges. *OR Spectrum*, 32:863–904.
- [2] Amiri A. (2006). Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure *European Journal of Operational Research*, 171, 2, 567-576.
- [3] Andersson A., A. Hoff, M. Christiansen, G. Hasle, A. Løkketangen (2010). Industrial aspects and literature survey: Combined inventory management and routing *Computers & Operations Research* 37 (2010) 1515–1536
- [4] Bertsimas, D., Sim, M. 2004. Price of Robustness. *Operations Research*, 52(1) 35-53.
- [5] Chou, M.C., Chua, G.A., Teo, C.-P., Zheng, H. (2011) Process flexibility revisited: The graph expander and its applications. *Operations Research* 59 (5), pp. 1090-1105.
- [6] Craighead, C., Blackhurst, J., Rungtusanatham, M., & Handfield, R. (2007). The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities. *Decision Sciences*, 38 (1), 131-156.
- [7] Ivanov, D., Sokolov B., Käschel J., 2011. Integrated supply chain planning based on a combined application of operations research and optimal control, *Central European Journal of Operations Research*, 19(3), 219-317.
- [8] Ivanov, D., Sokolov, B. *Adaptive Supply Chain Management*. London: Springer, 2010.
- [9] Ivanov, D., Sokolov, B. *Dynamic Supply Chain Scheduling*. *Journal of Scheduling*, DOI: 10.1007/s10951-010-0189-6.

- [10] Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B. (2012). On applicability of optimal control theory to adaptive supply chain planning and scheduling. *Annual Reviews in Control*, forthcoming in Spring Issue 2012.
- [11] Ivanov, D.A., Sokolov, B.V., Kaeschel, J. (2010) A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control with structure dynamics considerations, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 200 (2), pp. 409-420.
- [12] Kopytov E.A., Pavlov A.N., Zelentsov V.A. New methods of calculating the Genome of structure and the failure criticality of the complex objects' elements. In: *Transport and Telecommunication*, Vol. 11, No 4, 2010, pp. 4-13. (in Russian)
- [13] Lin, YK. (2001). A simple algorithm for reliability evaluation of a stochastic-flow network with node failure. *Computers & Operations Research* 28, 1271-1285
- [14] Mula, J., Pedro, D., Díaz-Madroñero, M., Vicens, E. (2010). Mathematical programming models for supply chain production and transport planning *European Journal of Operational Research*, 204, 3, 377-390.
- [15] Peng, P., Snyder, LV., Lim, A., Liu Z. (2011). Reliable logistics networks design with facility disruptions *Transportation Research Part B: Methodological*, 45, 8, 1190-1211.
- [16] Santoso, T., Ahmed, S., Goetschalckx, G. and Shapiro, A. (2005), "A stochastic programming approach for supply chain network design under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, Vol. 167, pp. 96-115.
- [17] Tayur, S., R. Ganeshan and M. Magazine (Eds.). *Quantitative Models for Supply Chain Management*, Kluwer Academic Publishers, 1999.

# КООПЕРАЦИЯ КОМПАНИЙ-ГРУЗОПЕРЕВОЗЧИКОВ В ЗАДАЧАХ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. Щегряев, В.В. Захаров

*СПбГУ*

*E-mail:aleksandr.shchegryaev@gmail.com*

В рамках данной работы рассматривается проблема кооперации компаний-грузоперевозчиков с целью снижения транспортных затрат. В статье приводится постановка и математическая формализация задачи, а также оригинальный алгоритм построения субаддитивной характеристической функции данной кооперативной игры.

## FREIGHT CARRIERS COOPERATION IN VEHICLE ROUTING PROBLEMS

Alexander Shchegryaev, Victor V. Zakharov

*Saint-Petersburg State University*

*E-mail:aleksandr.shchegryaev@gmail.com*

This paper considers cooperative game of freight carriers with time windows framework. We propose new approach and algorithm for calculation subadditive characteristic function values of this game. The heuristic algorithm for finding optimal routing plan to minimize grand coalition total cost is also presented.

### ВВЕДЕНИЕ

Теория кооперативных игр позволяет исследовать возможности координации действий компаний с целью снижения затрат на перевозки. Проблема кооперации в моделях транспортной маршрутизации является до сих пор малоизученной задачей. Возможности применения теории кооперативных игр для подобных задач продемонстрированы, например, в работе [3]. Наиболее важным объектом исследования теории кооперативных игр является характеристическая функция игры, которая в нашем случае отражает оценки гарантированных значений суммарных затрат участников, объединившихся в коалицию. При построении математической модели кооперации в практических задачах важным является выбор метода построения такой функции. Вычислительные трудности нахождения значений характеристической функции кооперативной игры маршрутизации порождаются большой размерностью

задачи, что часто делает неприемлемым использование точных методов решения достаточно большого класса задач маршрутизации при сравнительно небольшом количестве клиентов. В то же время, применение эвристических методов в общем случае не позволяет вычислить точное значение минимизируемой функции и гарантировать выполнение свойства субаддитивности построенных характеристических функций, которое, в свою очередь, имеет важнейшее значение для достижения кооперативных соглашений о снижении затрат. В докладе предлагается математическая постановка задачи кооперации перевозчиков и новый подход к построению характеристической функции соответствующей кооперативной игры маршрутизации и алгоритм нахождения оптимального маршрутного плане транспортных средств участников коалиции.

## **ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Предполагается, что на рынке транспортных услуг находится несколько компаний, занимающихся грузоперевозками. У каждой компании есть множество клиентов и свои собственные ресурсы, такие как депо и парк транспортных средств. Эти компании рассматривают различные варианты объединения в коалиции с целью снижения затрат на перевозки. Каждая коалиция удовлетворяет спрос клиентов на транспортные услуги всех компаний-участников коалиции, используя объединённые ресурсы. Таким образом, в рамках кооперации в каждой коалиции может происходить перераспределение клиентов между участниками этой коалиций, и, как очевидное следствие этого, изменение маршрутов движения транспортных средств каждой компании по сравнению с маршрутами, планируемыми без учета возможной кооперации. При этом, в условиях оперативного принятия решений о маршрутизации совместно используемых транспортных средств, возникает проблема недостатка времени для быстрого пересчета маршрутных планов, которые бы минимизировали суммарные транспортные издержки коалиции, поскольку данная задача относится к классу NP-сложных задач.

Для каждой коалиции можно применить достаточно хорошо изученный подход к решению задачи маршрутизации транспортных средств с несколькими депо. После нахождения оптимальных маршрутов для каждой возможной коалиции и вычисления общих транспортных издержек появляется возможность вычислить значение характеристической функции кооперативной игры маршрутизации. Для того чтобы игроки имели мотивацию для объединения в коалиции, характеристическая функция должна удовлетворять свойству субаддитивности. Следует отметить, что использование эвристических алгоритмов [1,2] для нахождения минимальных затрат коалиции и вычисления на их основе значений характеристической функции в общем случае это не гарантирует. Поэтому в задачах маршрутизации транспортных средств необходимо применение

специальных метаэвристических алгоритмов построения оптимальных (или близких к оптимальным) маршрутов, обеспечивающих субаддитивность характеристической функции.

Основной проблемой в задаче маршрутизации является построение набора маршрутов для транспортных средств (ТС), которые обслуживают множество географически распределённых потребителей транспортных услуг с заданным спросом на перевозку груза. В соответствии со сложившейся практикой постановки подобных задач каждый маршрут должен начинаться и заканчиваться в депо. Кроме того, суммарный спрос потребителей в каждом маршруте не должен превышать максимальной вместимости ТС. Время, которое тратит каждое ТС на перемещение между потребителями и на их обслуживание, не должно превышать наперёд заданной величины. В задаче маршрутизации с временными ограничениями (time windows) каждый потребитель должен быть обслужен в заданный промежуток времени. Целью оптимизации, как правило, является минимизация суммарной длины маршрутов. Но во многих случаях количество транспортных средств не является фиксированной величиной, и поэтому важным является также минимизация их числа. Это обусловлено тем, что, при использовании кроме собственных транспортных средств, стоимость содержания или аренды дополнительных сторонних ТС оказывается значительно больше, чем выигрыш от получаемых при этом более коротких маршрутов.

## Литература

1. Glover F., Laguna M., Marti R. Scatter search and path relinking: advances and applications // Handbook of metaheuristics.— Kluwer Academic Publishers, 2003. — P. 1-35.
2. P. Kilby, P. Prosser and P. Shaw. Guided local search for the vehicle routing problem with time windows // META-HEURISTICS Advances and Trends in Local Search Paradigms for Optimization. — Boston, 1999. — P. 473–486.
3. M.A. Krajewska, H. Kopfer, G. Laporte, S. Ropke, G. Zaccour. Horizontal cooperation among freight carriers: request allocation and profit sharing // Journal of the Operational Research Society. — 2008. — Vol: 59. — P. 1483–1491.

# CHANNEL COORDINATION IN A HMMS-TYPE SUPPLY CHAIN WITH REVENUE SHARING CONTRACT

Imre Dobos<sup>1</sup>, Barbara Gobsch<sup>2</sup>, Nadezhda Pakhomova<sup>3</sup>,  
Grigory Pishchulov<sup>4</sup>, Knut Richter<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> *Corvinus University of Budapest, Institute of Business Economics, Hungary*

<sup>2</sup> *European University Viadrina Frankfurt (Oder), Germany*

<sup>3</sup> *St. Petersburg State University, Faculty of Economics, St. Petersburg, Russia*

<sup>4</sup> *TU Dortmund University, Dortmund, Germany*

*imre.dobos@uni-corvinus.hu, {gobsch, pakhomova}@europa-uni.de, grigory.pishchulov@udo.edu, richter@europa-uni.de*

We investigate a supply chain with a single supplier and a single manufacturer. The manufacturer knows the demand for the final product which is produced from a component ordered from the supplier just in time — i.e., the manufacturer holds no component inventory. The costs of the manufacturer consist of quadratic inventory holding costs, quadratic production cost, and linear purchasing cost. It is assumed that the market price of the final product is known as well, hence the sales of the manufacturer are known in advance. The goal of the manufacturer is to maximize her cumulated profits. The costs of the supplier are the quadratic manufacturing and inventory holding costs; his goal is to maximize the revenues minus the relevant costs. The situation is modeled as a differential game. The decision variables of the supplier are the sales price and the production quantity, while the manufacturer chooses a production plan that minimizes her costs, so maximizing the cumulated profits. The basic problem is a Holt-Modigliani-Muth-Simon (HMMS) problem extended with linear purchasing costs. We will examine two cases: the decentralized Nash-solution and a centralized Pareto-solution to optimize the behavior of the players of the game.

## Introduction

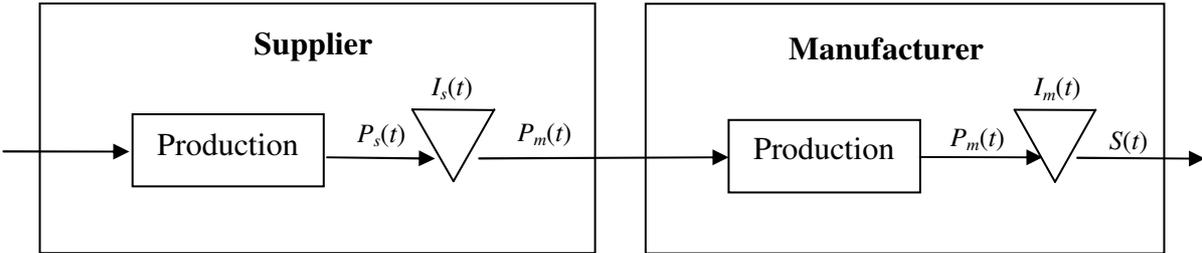
There are a number of tools which lead to supply chain or channel coordination – the most important one is the contract [1, 10]. Contracts are said to coordinate a supply chain if a Nash equilibrium is reached and “no firm has a profitable unilateral deviation from the set of supply chain optimal actions” [1] respectively with weaker requirements, if they improve the performance of the chain compared to the default solution without coordination characterized by double marginalization [9]. There is a large body of literature on different kinds of contracts, especially wholesale price contracts, buy-back contracts, revenue-sharing contracts etc. in a one-period framework (Newsvendor-model) or multi-period framework with constant parameters (EOQ). Reviews are presented in [1, 6, 10], among others. In this paper we examine the revenue sharing contract in a multi-period dynamic environment with continuous time. The literature on problems of this type is rather limited. Based on the basic problem, first studied by [5], [2] analyzed a reverse logistics problem in a Holt-Modigliani-Muth-Simon (HMMS-) environment and [3] examined the bullwhip effect in a HMMS-supply chain, among others.

We investigate a two-stage supply chain with a single supplier single manufacturer, and symmetric information. The manufacturer (referred below as she) knows the market price and the demand for the final product, which is produced with raw materials purchased from the supplier (respectively he). Because of a negligibly low fixed ordering cost the manufacturer can realize a just in time procurement of raw materials and has no raw materials on stock. The manufacturer wants to maximize her cumulated profit over the planning horizon while taking into account target values for the inventory level and the production rate, so that quadratic inventory holding cost, quadratic production cost, and linear purchasing cost are decision relevant. The objective of the supplier is similar, whereas the purchasing costs of the manufacturer are revenues for the supplier. The supplier and the manufacturer want to negotiate the purchase price of raw materials, the fraction of the revenue shared and the quantity to be ordered by the manufacturer. The situation is modeled as a differential game with two players – so the problem is a Holt-Modigliani-Muth-Simon (HMMS-) type model extended with linear purchasing costs. We will examine two cases: the decentralized Nash-solution and a centralized Pareto-solution to optimize the behaviors of the players of the game.

The paper is organized as follows. In the second section we present the model and solve the decentralized case, i.e. optimize the individual models of the supplier and the manufacturer, by employing the concept of differential games. Section 3 investigates the cooperative solution, i.e. the participants of the supply chain optimize the system-wide problem, although we will not investigate the sharing of the benefits. Last, we summarize the results of the paper.

**The decentralized system: The Nash solution**

We consider a simple supply chain consisting of two firms: a supplier and a manufacturer. We assume that the firms are independent, that is, each makes own decisions to minimize the own costs. The final product is produced with a raw material, purchased by the manufacturer from the supplier. Because of a negligibly low fixed ordering cost the manufacturer can realize a just in time procurement of raw materials and has no raw materials on stock. The production processes have a known, constant lead time. The market price and the demand for the final product are deterministic, too. The material flow of the model is depicted in Figure 1.



**Fig. 1** Material flow in the models

The following parameters are used in the models:

- $T$  length of the planning horizon,
- $S(t)$  demand rate, continuous differentiable,  $t \in [0, T]$ ,
- $\bar{I}_m(t)$  inventory target level for the final product,  $t \in [0, T]$ ,
- $\bar{I}_s(t)$  inventory target level for raw material,  $t \in [0, T]$ ,
- $\bar{P}_m(t)$  production target level for the manufacturer,  $t \in [0, T]$ ,
- $\bar{P}_s(t)$  production target level for the supplier,  $t \in [0, T]$ ,
- $h_m$  inventory holding cost coefficient for the final product,
- $h_s$  inventory holding cost coefficient for raw material,
- $c_m$  twice the production cost coefficient for the manufacturer,
- $c_s$  twice the production cost coefficient for the supplier,
- $p$  market price of the final product.

In the HMMS-model it is assumed that the managers of the (manufacturer and supplier) firms have fixed a production-inventory pattern, that is, the production plans  $\bar{P}_m(t)$  and  $\bar{P}_s(t)$ , and planned inventory levels  $\bar{I}_m(t)$  and  $\bar{I}_s(t)$  are known at the beginning of the planning horizon. The objective of the managers of the firms is to minimize the deviations from the fixed target levels. The deviations are defined as quadratic functionals with known parameters. This phenomenon was empirically tested by Holt, Modigliani, Muth, and Simon [5].

The decision variables are:

- $I_m(t)$  inventory level of the final product, it is non-negative,  $t \in [0, T]$ ,
- $I_s(t)$  inventory level of the raw material, it is non-negative,  $t \in [0, T]$ ,
- $P_m(t)$  production rate of the manufacturer, it is non-negative,  $t \in [0, T]$ ,
- $P_s(t)$  production rate of the supplier, it is non-negative,  $t \in [0, T]$ ,
- $w$  wholesale price for raw material,
- $\alpha$  the fraction of supply chain revenue the manufacturer keeps.

The decentralized model describes the situation where the supplier and the manufacturer optimize independently, i.e. the manufacturer determines her individual optimal production-inventory strategy first (the market demand is given exogenously) and orders the necessary quantity of the raw material. Then the supplier accepts the order and minimizes his own costs. The transfer payment of the manufacturer for the supplier is

$$\int_0^T w \cdot P_m(t) dt + (1 - \alpha) \cdot \int_0^T p \cdot S(t) dt ,$$

i.e. the manufacturer pays the supplier for the supplied items and a fraction of the profit the manufacturer earns. (See [7].)

### *Optimization problem of the manufacturer*

Next, we model the manufacturer in this HMMS-environment. The manufacturer solves the following problem for a given purchasing price  $w^N$ :

$$J_m(P_m(\cdot); w^N) = \alpha \cdot \int_0^T p \cdot S(t) dt - \int_0^T \left\{ \frac{h_m}{2} [I_m(t) - \bar{I}_m(t)]^2 + \frac{c_m}{2} [P_m(t) - \bar{P}_m(t)]^2 + w^N \cdot P_m(t) \right\} dt \rightarrow \max \quad (1)$$

s.t.

$$\dot{I}_m(t) = P_m(t) - S(t), I_m(0) = I_{m0}, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (2)$$

Functional (1) maximizes the cumulated profit of the manufacturer over the planning horizon. It is obvious that the revenue is a known constant, so the problem can be reformulated as a cost minimization problem in the next way:

$$J'_m(P_m(\cdot); w^N) = \int_0^T \left\{ \frac{h_m}{2} [I_m(t) - \bar{I}_m(t)]^2 + \frac{c_m}{2} [P_m(t) - \bar{P}_m(t)]^2 + w^N \cdot P_m(t) \right\} dt \rightarrow \min. \quad (1')$$

### *Optimization problem of the supplier*

Assuming that the optimal production-inventory policy of the manufacturer for the given purchase price  $w$  is  $(I_m^N(\cdot), P_m^N(\cdot))$  in model (1')-(2) and the manufacturer orders  $P_m^N(\cdot)$ , the supplier solves the following problem:

$$J_s(P_s(\cdot), w; P_m^N(\cdot)) = w \cdot \int_0^T P_m^N(t) dt + (1 - \alpha) \cdot \int_0^T p \cdot S(t) dt - \int_0^T \left\{ \frac{h_s}{2} [I_s(t) - \bar{I}_s(t)]^2 + \frac{c_s}{2} [P_s(t) - \bar{P}_s(t)]^2 \right\} dt \rightarrow \max \quad (3)$$

s.t.

$$\dot{I}_s(t) = P_s(t) - P_m^N(t), I_s(0) = I_{s0}, \quad 0 \leq t \leq T \quad (4)$$

Functional (3) maximizes the cumulated profit of the supplier over the planning horizon. It is obvious that the revenue is a known constant, so the problem can be reformulated as a cost minimization problem in the next way:

$$J'_s(P_s(\cdot), w; P_m^N(\cdot)) = w \cdot \int_0^T P_m^N(t) dt - \int_0^T \left\{ \frac{h_s}{2} [I_s(t) - \bar{I}_s(t)]^2 + \frac{c_s}{2} [P_s(t) - \bar{P}_s(t)]^2 \right\} dt \rightarrow \max. \quad (3')$$

Notice that problem (3')-(4) has the same planning horizon  $[0, T]$  as that of model (1')-(2).

### *Solution of the optimization problem of the manufacturer*

To solve problem (1')-(2) we apply the Pontryagin's Maximum Principle. (See [4, 8].) The Hamiltonian function of this problem is as follows:

$$H_m(I_m(t), P_m(t), \psi_m(t), t) = - \left\{ \frac{h_m}{2} [I_m(t) - \bar{I}_m(t)]^2 + \frac{c_m}{2} [P_m(t) - \bar{P}_m(t)]^2 + w^N \cdot P_m(t) \right\} + \psi_m(t) \cdot (P_m(t) - S(t)).$$

This problem is an optimal control problem with pure state variable constraints.

The optimal solution can be easily constructed, if the optimal production rate and the optimal inventory level are positive in along the planning horizon.

**Lemma 1** Assume that production-inventory strategy  $(I_m^N(\cdot), P_m^N(\cdot))$  is an optimal solution for model (1')-(2). Then the optimal solution must satisfy the following differential equation:

$$\begin{pmatrix} \dot{I}_m^N(t) \\ \dot{P}_m^N(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{h_m}{c_m} & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_m^N(t) \\ P_m^N(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -S(t) \\ \dot{\bar{P}}_m(t) - \frac{h_m}{c_m} \cdot \dot{I}_m(t) \end{pmatrix},$$

with initial and terminal condition

$$I_m^N(0) = I_{m0}, P_m^N(T) = \bar{P}_m(T) - \frac{w^N}{c_m}.$$

The proof of this lemma can be found in [2].

### *Solution of the optimization problem of the supplier*

After optimal production strategy  $P_m^N(\cdot)$  is given we can solve problem (3')-(4).

The Hamiltonian function of problem (3)-(4) is as follows

$$H_s(I_s(t), P_s(t), \psi_s(t), t) = w \cdot P_m^N(t) - \left\{ \frac{h_s}{2} [I_s(t) - \bar{I}_s(t)]^2 + \frac{c_s}{2} [P_s(t) - \bar{P}_s(t)]^2 \right\} + \psi_s(t) \cdot (P_s(t) - P_m^N(t)).$$

This problem is also an optimal control problem with pure state variable constraints.

Value  $\bar{w}$  denotes an upper bound for the wholesale price. The manufacturer will order from the supplier, if the cumulated profit is nonnegative in the planning horizon in dependence of the purchasing price, i.e.

$$\int_0^T p \cdot S(t) dt - \int_0^T \left\{ \frac{h_m}{2} [I_m^N(t) - \bar{I}_m(t)]^2 + \frac{c_m}{2} [P_m^N(t) - \bar{P}_m(t)]^2 + w^N \cdot P_m(t) \right\} dt \geq 0.$$

If we solve the problem (1)-(2) changing the purchasing price, we achieve an upper bound for this price  $0 \leq w^N \leq \bar{w}$ . This means that the optimal cumulated profit of the manufacturer is even zero, if the purchasing price is equal to the upper bound  $\bar{w}$ .

For the case of positive inventory level and production rate the optimal strategy is presented in the next lemma.

**Lemma 2** Let us assume that production-inventory strategy  $(I_s^N(\cdot), P_s^N(\cdot))$  is an optimal solution for model (3)-(4). Then the optimal solution must satisfy the following differential equation:

$$\begin{pmatrix} \dot{I}_s^N(t) \\ \dot{P}_s^N(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{h_s}{c_s} & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_s^N(t) \\ P_s^N(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -P_m^N(t) \\ \dot{\bar{P}}_s(t) - \frac{h_s}{c_s} \cdot \dot{I}_s(t) \end{pmatrix},$$

with initial and terminal condition

$$I_s^N(0) = I_{s0}, P_s^N(T) = \bar{P}_s(T).$$

Later we use the following notations: let  $J_m^N$  and  $J_s^N$  be the optimal values of the objective functions (1') and (3) (here the latter expressed as a loss function) respectively, that is, let

$$J_m^N = \int_0^T \left\{ \frac{h_m}{2} [I_m^N(t) - \bar{I}_m(t)]^2 + \frac{c_m}{2} [P_m^N(t) - \bar{P}_m(t)]^2 + w^N \cdot P_m^N(t) \right\} dt$$

and

$$J_s^N = \int_0^T \left\{ \frac{h_s}{2} [I_s^N(t) - \bar{I}_s(t)]^2 + \frac{c_s}{2} [P_s^N(t) - \bar{P}_s(t)]^2 - w^N \cdot P_m^N(t) \right\} dt.$$

The solutions of the two models are the well-known Nash solution of this game model. This connection can be written, as

$$J_m^N = J_m(P_m^N(\cdot); w^N) \leq J_m(P_m(\cdot); w^N)$$

and

$$J_s^N = J_s(P_s^N(\cdot), w^N; P_s^N(\cdot)) \leq J_s(P_s(\cdot), w; P_s(\cdot)).$$

As the Nash solution has the property that the profit of the manufacturer is equal to zero, all of the profits are realized at the supplier in our decentralized model.

### The centralized system: The Pareto optimal solution

In this section we investigate the coordinated solution of the examined model (without determining the allocation of the profits at the end of the planning horizon). We assume that the supplier and the manufacturer act as a common firm and minimize the system-wide costs together. As the purchasing price is an inner accounting tool of the gains the cost functional does not depend on it in this model. The model is as follows

$$J_{ms}(P_m(\cdot), P_s(\cdot)) = \int_0^T \left\{ \frac{h_m}{2} [I_m(t) - \bar{I}_m(t)]^2 + \frac{c_m}{2} [P_m(t) - \bar{P}_m(t)]^2 + \frac{h_s}{2} [I_s(t) - \bar{I}_s(t)]^2 + \frac{c_s}{2} [P_s(t) - \bar{P}_s(t)]^2 \right\} dt \rightarrow \min \quad (5)$$

s.t.

$$\dot{I}_m(t) = P_m(t) - S(t), \quad 0 \leq t \leq T \quad (6)$$

$$\dot{I}_s(t) = P_s(t) - P_m(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (7)$$

$$\begin{pmatrix} I_m(0) \\ I_s(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{m0} \\ I_{s0} \end{pmatrix} \quad (8)$$

The Hamiltonian function of model (5)-(8) is

$$H(I_m(t), P_m(t), I_s(t), P_s(t), \psi_m(t), \psi_s(t)) = - \left\{ \frac{h_m}{2} [I_m(t) - \bar{I}_m(t)]^2 + \frac{c_m}{2} [P_m(t) - \bar{P}_m(t)]^2 + \frac{h_s}{2} [I_s(t) - \bar{I}_s(t)]^2 + \frac{c_s}{2} [P_s(t) - \bar{P}_s(t)]^2 \right\} + \psi_m(t) \cdot [P_m(t) - S(t)] + \psi_s(t) \cdot [P_s(t) - P_m(t)].$$

The optimal centralized production strategies for the manufacturer and the supplier respectively are

$$P_m^P(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } \frac{\psi_m(t) - \psi_s(t)}{c_m} + \bar{P}_m(t) \leq 0, \\ \frac{\psi_m(t) - \psi_s(t)}{c_m} + \bar{P}_m(t), & \text{if } \frac{\psi_m(t) - \psi_s(t)}{c_m} + \bar{P}_m(t) > 0, \end{cases}$$

and

$$P_s^P(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } \frac{\psi_s(t)}{c_c} + \bar{P}_s(t) \leq 0, \\ \frac{\psi_s(t)}{c_c} + \bar{P}_s(t), & \text{if } \frac{\psi_s(t)}{c_c} + \bar{P}_s(t) > 0, \end{cases}$$

These two equations are the *optimal linear decision rules* [5]. Differentiating adjoint variables  $\psi_m(\cdot)$  and  $\psi_s(\cdot)$ , and substituting into the conditions, the necessary and sufficient conditions become a system of linear differential equations:

$$\begin{pmatrix} \dot{I}_m^P(t) \\ \dot{I}_s^P(t) \\ \dot{P}_m^P(t) \\ \dot{P}_s^P(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ \frac{h_m}{c_m} & -\frac{h_s}{c_m} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{h_s}{c_s} & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_m^P(t) \\ I_s^P(t) \\ P_m^P(t) \\ P_s^P(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -S(t) \\ 0 \\ \dot{\bar{P}}_m(t) - \frac{h_m}{c_m} \bar{I}_m(t) + \frac{h_s}{c_m} \bar{I}_s(t) \\ \dot{\bar{P}}_s(t) - \frac{h_s}{c_s} \bar{I}_s(t) \end{pmatrix} \quad (9)$$

with initial and ending conditions

$$\begin{pmatrix} I_m^P(0) \\ I_s^P(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{m0} \\ I_{s0} \end{pmatrix}, \text{ and } \begin{pmatrix} P_m^P(T) \\ P_s^P(T) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \bar{P}_m(T) \\ \bar{P}_s(T) \end{pmatrix}.$$

Finally, consider a notation: let  $J_{ms}^P = J_{ms}(P_m^P(\cdot), P_s^P(\cdot))$  denote the optimal value of cost function (5). It is easy to see that  $J_{ms}^P \leq J_m^N + J_s^N$ , i.e. the Pareto solution of the problem has lower costs and a higher profit.

## Conclusion and further research

In this paper we have solved a two-stage HMMS-type supply chain model in a decentralized and a centralized setting. Comparing the Nash-solution of the decentralized system with the Pareto-solution of the centralized system we have shown that a cooperation of the two players induces savings in costs.

The presented study may be a starting point for studying a number of further research topics, e.g.: 1) analyzing a supply chain with different bargaining power of the manufacturer and the supplier, 2) analyzing the performance of other contracts in the given multi-period deterministic environment with continuous time, and 3) extending the model to a system with reverse logistics.

**Acknowledgement.** Imre Dobos gratefully acknowledges the financial supports by the TÁMOP-4.2.1.B-09/KMR-2010-0005 research program and the Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD).

## References

1. Cachon, G.P., 2003. Supply Chain Coordination with Contracts. In: de Kok, A. G., Graves, S. C. (Eds.), *Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation*, Elsevier, 229-339.
2. Dobos, I., 2003. Optimal production-inventory strategies for a HMMS-type reverse logistics system. *International Journal of Production Economics* 81-82, 351-360.
3. Dobos, I., 2011. The analysis of bullwhip effect in a HMMS-type supply chain. *International Journal of Production Economics* 131, 250-256.
4. Feichtinger, G., Hartl, R.F., 1986. *Optimale Kontrolle ökonomischer Prozesse: Anwendungen des Maximumprinzips in den Wirtschaftswissenschaften*. de Gruyter, Berlin.
5. Holt, C.C., Modigliani, F., Muth, J.F., Simon, H.A., 1960. *Planning Production, Inventories, and Work Forces*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
6. Lariviere, M.A., 1999. Supply chain contracting and coordination with stochastic demand. In: Tayur, S., Ganeshan, R., Magazine, M. (Eds.), *Quantitative Models in Supply Chain Management*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

7. Leng, M., Zhou, A., 2009. Side-payment contracts in two-person non-zero supply chain games: Review, discussion and applications. *European Journal of Operational Research* 196, 600-618.
8. Seierstad, A., Sydsaeter, K., 1987. *Optimal control theory with economic applications*. North-Holland, Amsterdam.
9. Spengler, J.J., 1950. Vertical integration and antitrust policy. *The Journal of Political Economy* 58, 347-352.
10. Tsay, A.A., Nahmias, S., Agrawal, N., 1999. Modeling Supply Chain Contracts: A Review. In: Tayur, S., Ganeshan, R., Magazine, M. (Eds.), *Quantitative Models in Supply Chain Management*, Kluwer Academic Publishers, Boston., 299-336.

# MESOSCOPIC MODELING AND SIMULATION OF BIOMASS LOGISTICS NETWORKS FROM HARVESTING TO POWER GENERATION

**Tobias Reggelin, Sebastian Trojahn, Juri Tolujew, Markus Koch**

*Otto von Guericke University Magdeburg, Institute of Logistics and Material Handling Systems (ILM) and Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF Magdeburg  
E-Mail: tobias.reggelin@iff.fraunhofer.de*

## Abstract

This paper describes the challenges within biomass logistics chains and the use of a mesoscopic simulation approach to cope with these challenges. Different characteristics of biomass and not predictable harvesting periods require regular calculations of scenarios in order to secure a continuous supply of biomass to the gasification facilities. The continuous supply of biomass to the gasification facilities is important for a resource efficient operation of the biomass logistics chain and its facilities. Mesoscopic simulation models enable the operator of a biomass logistics network to analyze the impacts of disturbances and to derive adequate measures.

## 1. CHALLENGES OF BIOMASS LOGISTICS

Figure 1 depicts typical challenges within a biomass logistic chain. These challenges will be shortly described in this section. For further reading we recommend (Trojahn 2011).

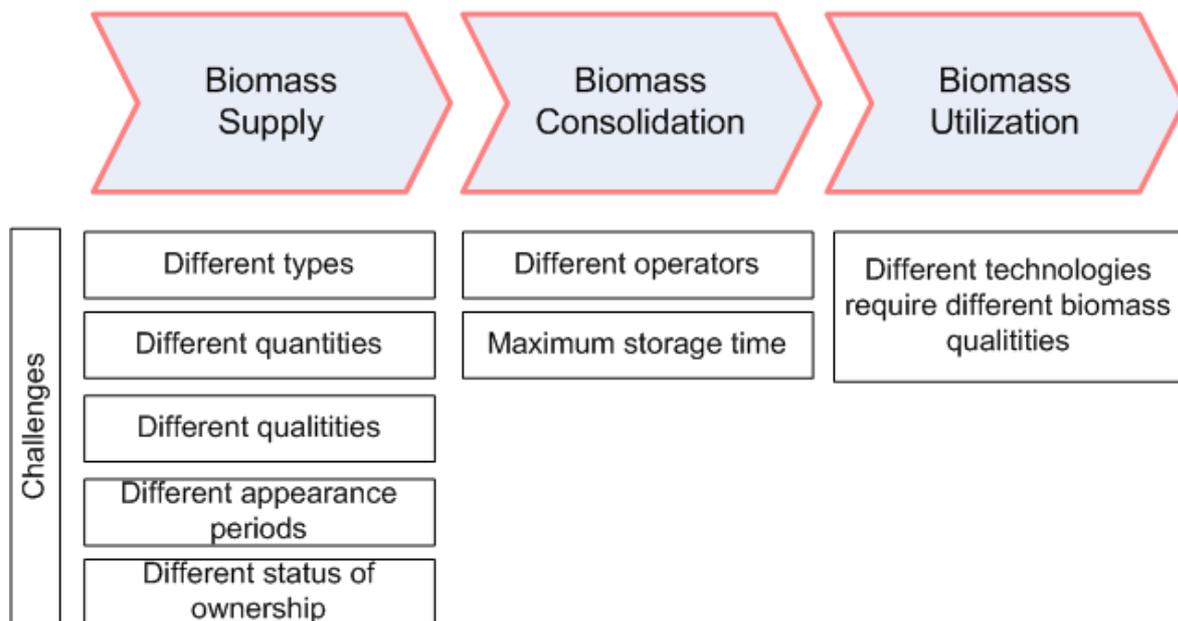


Figure 1: Challenges within biomass logistics chains

Every Biomass facility has to be provided with biomass through the whole year to create a constant biomass flow. Different biomass types, different biomass appearance times (Kaltschmitt and Hartmann 2000, Mueller-Langer and Frick 2005) and different biomass qualities make it necessary to create scenarios for the consolidation of biomass. Furthermore, it has to be considered that not every biomass can be used because of the status of ownership (private, state, provinces and companies) (Gerold and Hecker 2008).

Therefore different long-term and short-term scenarios for the consolidation of biomass have to be created. The influences of weather (storms, droughts) have to be included in these scenarios. These scenarios have to be calculated both in the planning phase before the operation starts and during the operation of the biomass logistics chain in order to analyze the impacts of changing conditions and other occurring events and to derive qualified measures. The necessary resources (e.g. harvesting machines, transportation resources, human resources, gasification facilities) for operating the biomass logistics chain in an efficient way have to be planned. Scenarios can for example answer the following questions:

- how to react on the lack of biomass,
- which biomass to use and
- what additional expenditures (costs and routes) will be incurred.

The different appearance periods of different biomass types (mainly influenced by biomass type and weather) influence the design of the operative biomass logistics chain. The characteristics of the different biomass forms are shown in table 1.

The described dynamic influences cannot be properly represented in static analytical models. These calculations (react on changes in the harvest time and use of transportation service providers) have to be done with simulation models. (Trojahn 2011)

## **2. MESOSCOPIC MODELING AND SIMULATION OF LOGISTICS FLOW SYSTEMS**

Two classes of simulation models exist, namely continuous and discrete. Continuous models are based on differential equations and most frequently applied as system dynamics models to reproduce manufacturing and logistics processes. For the application of system dynamics models for logistics processes see Pierrevial et al. 2007, Scholz-Reiter et al. 2006, Angerhofer and Angelides 2000, Sterman 2000, Anderson and Morrice 1999. The level of aggregation of system dynamics models renders them incapable of accurately representing the numerous logistics objects (products, resources, etc.) and control strategies, which demand consideration when resolving tactical or operational problems (cf. Pierrevial et al. 2007, Gößler 2007).

Table 1: General morphology for solid biomasses

Characteristics	Logistics relevance	Form		
		small	medium	high
<b>Bulk density</b>	carrying capacity	<200kg/m <sup>3</sup>	200-500kg/m <sup>3</sup>	>500kg/m <sup>3</sup>
<b>Fuel value</b>	energy profit	<16MJ/kg	16-20MJ/kg	>20MJ/kg
<b>Necessity to crush before using</b>	check if function needed	Yes		no
<b>Diameter of raw material</b>	check if crushing needed	smaller than 1 millimeter	some millimeter	some centimeter
<b>Enlargement of bulk density after crushing</b>	decision if crushing have o be done before or after transport	Small	medium	high
<b>Effect of storage</b>	decision if storage is needed and storage time	improvement of bulk density	degradation of bulk density	no change
<b>Maximal storage time</b>	limiting of storage time	some days	months	years
<b>Drying necessary</b>	check if drying is necessary	yes		no
<b>Activities to improve the logistical manageability</b>	check if logistic process can be improved	present but not useful	present and useful	not present
<b>Consolidation possibilities</b>	calculation of consolidation effort	collection		delivery
<b>Amount of not usable biomass</b>	calculation of waste amount	Small <0,5%	medium 0,5-2%	high >2%

The principles and tools of discrete event simulation as described in Schriber and Brunner 2008, Banks 2005, Law 2007, Košturiak und Gregor 1995 are utilized to implement discrete models. Models in this class tend to be very complicated and slow and their creation and implementation for big logistics networks is often very time and labor consuming (Pierreval et al. 2007, Law 2007, Košturiak und Gregor 1995, Huber and Dangelmaier 2009, Scholz-Reiter et al. 2008).

In order to overcome these disadvantages Reggelin and Tolujew have developed a new mesoscopic modeling and simulation approach which will be shortly described in this section. For further reading we recommend (Reggelin 2011, Tolujew et al. 2010, Schenk et al. 2010, Schenk et al. 2009b). The developed mesoscopic modeling and simulation approach has the following characteristics:

- Less modeling and simulation effort than in discrete event models,
- Higher level of detail than in continuous simulation models,

- Straightforward development of models.

The mesoscopic modeling and simulation approach is situated between continuous and discrete event approaches in terms of level of modeling detail and required modeling and simulation effort. It supports quick and effective execution of analysis and planning tasks related to manufacturing and logistics networks.

This mesoscopic approach is consistent with the principles of the discrete rate simulation paradigm implemented in the simulation software ExtendSim (Krahl 2009, Damiron and Nastasi 2008). Piecewise constant flow rates and the resulting linear cumulative flows support event scheduling and boost computational performance.

Even when the term mesoscopic is not explicitly applied, a mesoscopic view often already exists from the start of flow system modeling and simulation. Many practical analysis and planning problems like capacity planning, dimensioning or throughput analysis describe performance requirements, resources and performance results in an aggregated form that corresponds to a mesoscopic view (cf. Schenk et al. 2008a). Mesoscopic models are particularly suited for the analysis of large-scale logistics networks and processes with a homogenous flow of a large number of objects. In most cases, the disproportionate amount of computation required would make item-based discrete event simulation overly complex for these applications.

The principles of mesoscopic simulation of logistics processes were derived from several mesoscopic models (Schenk et al. 2008a, Schenk et al. 2009a, Schenk et al. 2008b, Savrasov and Tolujew 2008, Tolujew and Alcalá 2004, Harnisch et al. 2003).

### **3. APPLICATION OF MESOSCOPIC SIMULATION MODELS FOR PROCESSES IN BIOMASS LOGISTICS**

Figure 3 depicts a typical biomass logistics chain from harvesting to power generation including the biomass sources, the consolidation, gasification and power generation facilities and the necessary transportation steps. The influences on a biomass logistics chain, the different characteristics of biomass and not predictable harvesting periods as described in section 1 require regular calculations of scenarios in order to secure a continuous supply of biomass to the gasification facilities. The continuous supply of biomass to the gasification facilities is important for a resource efficient operation of the biomass logistics chain and its facilities. In order to deal with the identified challenges the authors suggest a classification of biomass objects (see Koch 2010) and the application of a mesoscopic approach to modeling and simulation of logistics flow systems (see section 3).

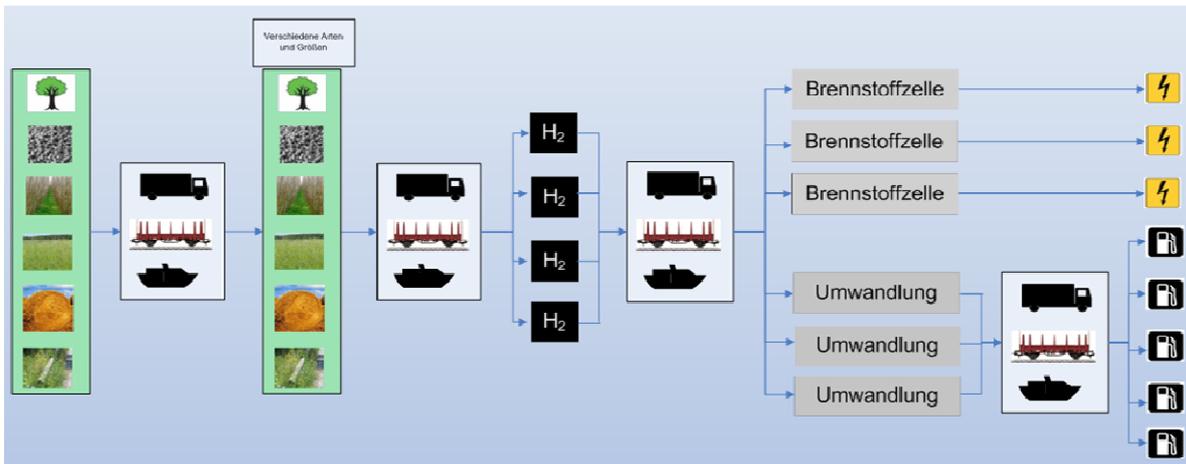


Figure 3: Biomass logistics chain

Figure 4 shows a mesoscopic simulation model of the biomass logistics chain depicted in figure 3. The mesoscopic simulation model was created with the simulation software MesoSim. The simulation software MesoSim was developed in order to facilitate an easy and direct implementation and computation of mesoscopic simulation models (Reggelin 2011). With the developed mesoscopic simulation software the planner and operator of the biomass logistics chain is now able to create different scenarios in order to analyze the impacts of the described influences on the biomass logistics chains (see section 1), like changing availability times of biomass, changing compositions of biomass and weather changes and to derive adequate measures to deal with these influences.

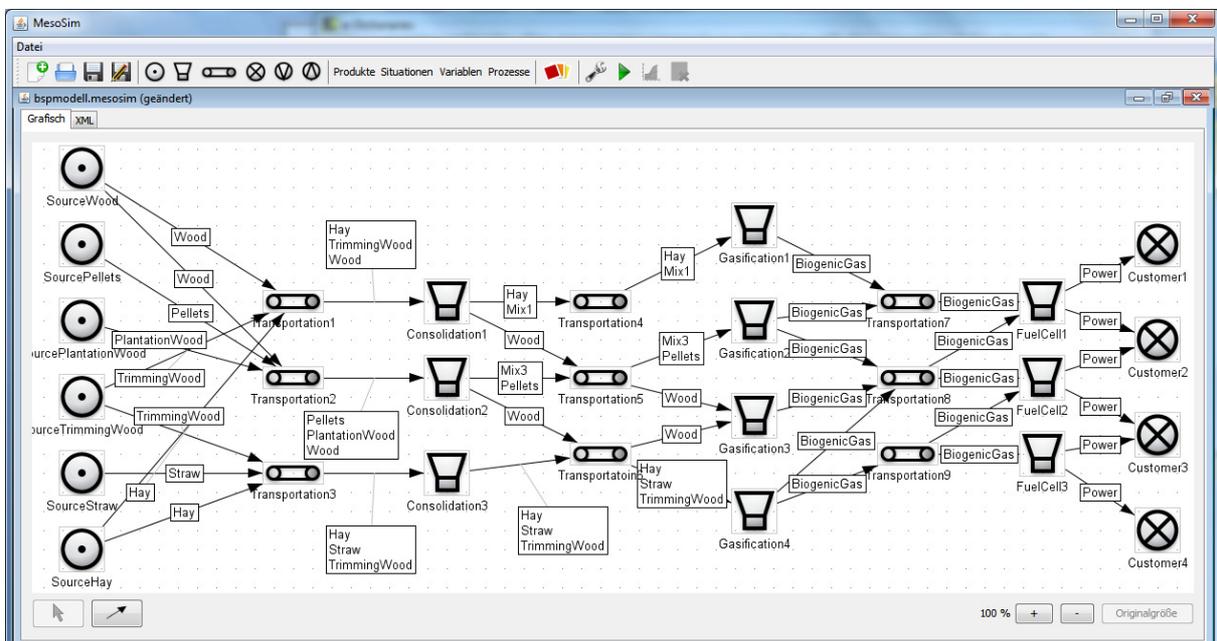


Figure 4: A mesoscopic simulation model of a biomass logistics chain with MesoSim  
The example shown in figure 5 shows the use of the developed mesoscopic simulation model:

- Figure 5 a) - Stable Operations:

This figure shows the simulation results of a stable operation of the biomass logistics network. The wood supply ensures a sufficient amount of wood at the conversion facility and thus its continuous operation in an efficient way.

- Figure 5 b) - Disturbances and their Impacts:

This figure shows the impacts of one missing wood delivery. The missing wood supply results in an out of stock situation of biomass at the conversion facility which leads to an interruption of its operation. This means that the conversion facility cannot be operated in the most efficient way.

- Figure 5 c) - Measure 1 and its effects:

This figure shows the effects of taking the wood supply from a different source, but later than initially planned. The result is still an interruption of the conversion facility's operation, but shorter than without this measure.

- Figure 5 d) - Measure 2 and its effects:

This figure shows the effects of taking hay as a substitute for the wood supply. This measure secures the continuous operation of the conversion facility in its most efficient way since the hay is available at the required time and in the required amount.

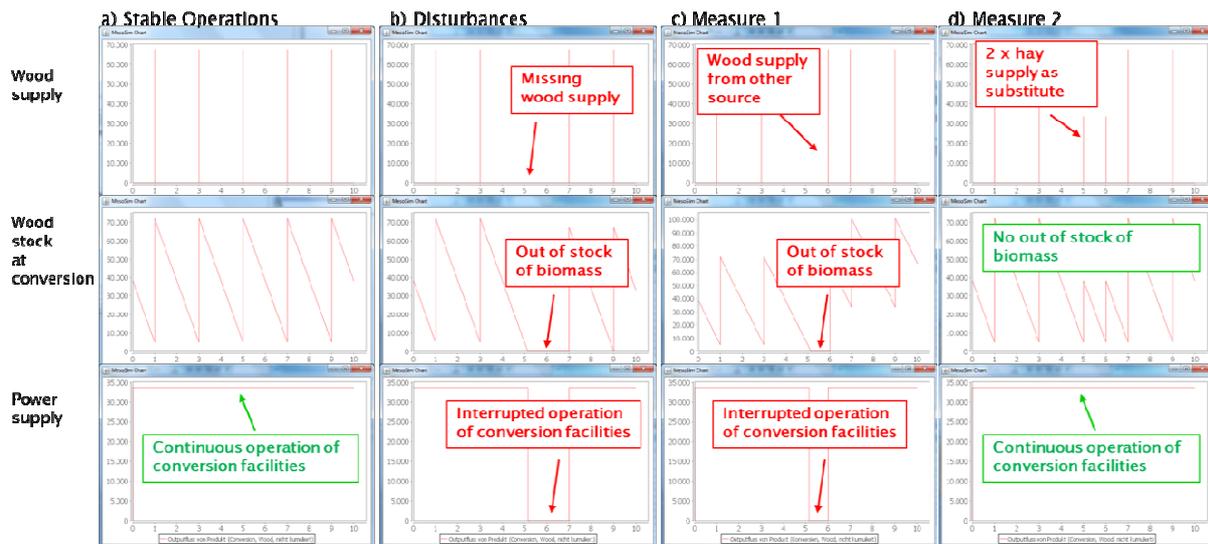


Figure 5: Mesoscopic simulation results for stable operations (a), disturbances and their impacts (b), measures and their effects (c, d)

#### 4. CONCLUSION AND OUTLOOK

The paper has described the challenges within biomass logistics chains. It was shown that different characteristics of biomass and not predictable harvesting periods require regular calculations of scenarios in order to secure a continuous supply of biomass to the gasification facilities which is important for a resource efficient operation of the biomass logistics chain and its facilities. In order to deal with the identified challenges the authors suggested the application of a mesoscopic approach to modeling and simulation of logistics flow systems.

The authors have developed and implemented a mesoscopic simulation model of a typical biomass logistics chain which can be used to conduct the required analysis and planning tasks which a planner and operator of a biomass logistics chain has to solve. The model can very easily adopted to different kinds of biomass logistics chains. The dynamic impacts of weather influences on the harvesting process of biomass can be analyzed with the mesoscopic simulation models in order to improve the utilization of biomass and to increase the efficiency of energetic biomass utilization.

In the future, the authors plan to do the following:

- Further application of mesoscopic modeling and simulation approach to processes within biomass logistics chains.
- Development of mesoscopic reference models for biomass logistics chains.
- Development of a modeling guideline for mesoscopic simulation models of biomass logistics chains.

## 5. REFERENCES

1. Trojahn, S.: Vorgehensweise zur Struktur- und Standortentscheidung dezentraler Anlagen, p. 68. docupoint Verlag, Barleben (2011)
2. Kaltschmitt, M., Hartmann, H.: Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, p. 79. Springer, Berlin (2000)
3. Mueller-Langer, F., Frick, S.: Logistikanätze zur Bereitstellung fester Biobrennstoffe. Projektreferenz der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., URL: [www.tll.de/ainfo/pdf/biotag/bt111106.pdf](http://www.tll.de/ainfo/pdf/biotag/bt111106.pdf) (2005)
4. Gerold, D., Hecker, M.: Rohholzpotentiale aus dem Privatwald. p. 132. AFZ/Der Wald 60 (2008)
5. Koch, M.: Object Analyses in Logistics. In: Proceedings of Logmark 2010. ANEC, Las Tunas (2010)
6. Pierreval, H., Bruniaux, R., Caux, C.: A Continuous Simulation Approach for Supply Chains in the Automotive Industry. Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 15, no. 2, pp. 185-198. Elsevier B.V., Amsterdam (2007)
7. Scholz-Reiter, B., Delhoum, S., Zschintzsch, M., Jagalski, T., Freitag, M.: Inventory Control in Shop Floors, Production Networks and Supply Chains Using System Dynamics. In: Wenzel, S. (ed.) Tagungsband zur 12. ASIM-Fachtagung „Simulation in Produktion und Logistik“, pp. 273-282. SCS, Erlangen (2006)
8. Angerhofer, B.J., Angelides, M.C.: System Dynamic Modeling in Supply Chain Management: A Research Review. In: Joines, J.A., Barton, R.R., Kang, K., Fishwick, P.A. (eds.) Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, pp. 342--351. IEEE, Inc., Piscataway, NY (2000)
9. Sterman, J.D.: Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin, McGraw-Hill, Boston (2000)
10. Anderson, E.G., Morrice, D.J.: A Simulation Model to Study the Dynamics in a Service-Oriented Supply Chain. In: Farrington, P.A., Nembhard, H.B., Sturrock, D.T., Evans, G.W. (eds.) Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, pp. 742-748. IEEE, Inc., Piscataway, NY (1999)
11. Größler, A.: System Dynamics zur Strategiesimulation im Produktionsmanagement. In: Specht, D. (ed.) Strategische Bedeutung der Produktion: Tagungsband der Herbsttagung 2006 der Wissenschaftlichen Kommission Produktionswirtschaft im VHB, pp. 83-87. Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden (2007)
12. Schriber, T.J., Brunner, D.T.: Inside Discrete-Event Simulation Software: How it Works and Why it Matters. In: Mason, S.J., Hill, R.R., Mönch, L., Rose, O., Jefferson, T., Fowler, J.W. (eds.) Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, pp. 182-192. IEEE, Inc., Piscataway, NY (2008)

13. Banks, J.: Discret-Event System Simulation. Pearson, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ (2005)
14. Law, A.M.: Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill, New York (2007)
15. Košturiak, J., Gregor, M.: Simulation von Produktionssystemen. Springer, Wien (1995)
16. Huber, D., Dangelmaier, W.: Controlled Simplification of Material Flow Simulation Models. In: Rossetti, M.D., Hill, R.R., Johansson, B., Dunkin, A., Ingalls, R.G. (eds.) Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, pp. 839-850. IEEE, Inc., Piscataway, NY (2009)
17. Scholz-Reiter, B., de Beer, C., Freitag, M., Hamann, T., Rekersbrink, H., Tervo, J.T.: Dynamik logistischer Systeme. In: Nyhuis, P. (ed.) Beiträge zu einer Theorie der Logistik, pp. 109-138. Springer, Berlin (2008)
18. Reggelin, T.: Mesoskopische Modellierung und Simulation logistischer Flusssysteme. Verlag Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg (2011)
19. Tolujew, J., Reggelin, T., Kaiser, A.: Discrete Rate Simulation als grundlegendes Paradigma bei der Entwicklung von mesoskopischen Flussmodellen". In Integration Aspects of Simulation: Equipment, Organization and Personnel, edited by G. Zuelch and P. Stock, 437-444. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing (2010)
20. Schenk, M., Tolujew, J., Reggelin, T.: A Mesoscopic Approach to the Simulation of Logistics Systems. In: Dangelmaier, W., Blecken, A., Delius, R., Klöpfer S. (eds.) Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics, pp. 15-25. Springer, Berlin (2010)
21. Schenk, M., Tolujew, J., Reggelin, T.: Mesoscopic Modeling and Simulation of Logistics Networks. In: Preprints of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, pp. 586-591. Moscow (2009b)
22. Krahl, D.: ExtendSim Advanced Technology: Discrete Rate Simulation. In: Rossetti, M.D., Hill, R.R., Johansson, B., Dunkin, A., Ingalls, R.G. (eds.) Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, pp. 333-338. IEEE, Inc., Piscataway, NY (2009)
23. Damiron, C., Nastasi, A.: Discrete Rate Simulation Using Linear Programming. In: Mason, S.J., Hill, R.R., Mönch, L., Rose, O., Jefferson, T., Fowler, J.W. (eds.) Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, pp. 740-749. IEEE, Inc., Piscataway, NJ (2008)
24. Schenk, M., Tolujew, J., Reggelin, T.: Mesoskopische Modellierung für die schnelle und aufwandsarme Planung und Steuerung robuster und sicherer Logistiksysteme. In: Pfohl, H.-C., Wimmer, T. (eds.) Robuste und sichere Logistiksysteme, pp. 263-292. DVV Media Group, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg (2008)
25. Schenk, M., Tolujew, J., Reggelin, T.: Comparison of Three Methods of Implementation of Mesoscopic Flow Models. In: Ivanov, D., Meinberg, U. (ed.) Logistics and Supply Chain Management: Modern Trends in Germany and Russia, pp. 36-44. Cuvillier Verlag, Göttingen (2009)
26. Schenk, M., Tolujew, J., Reggelin, T.: A Mesoscopic Approach to Modeling and Simulation of Logistics Networks. In: Ivanov, D., Jahns, C., Straube, F., Procenko, O., Sergeev, V. (eds.) Logistics and Supply Chain Management: Trends in Germany and Russia, pp. 58-67. Publishing House of the Saint Petersburg State Polytechnical Institute, Saint Petersburg (2008)
27. Savrasov, M., Tolujew, J.: Mesoscopic Approach to Modeling a Traffic System. In: Kopytov, E., Pranevicius, H., Zavadskas, E., Yatskiv, I. (eds.) International Conference Modelling of Business, Industrial and Transport Systems, pp. 147-151. TSI, Riga (2008)
28. Tolujew, J., Alcalá, F.: A Mesoscopic Approach to Modeling and Simulation of Pedestrian Traffic Flows. In: Horton, G. (ed.) Proceedings of the 18th European Simulation Multiconference, pp. 123-128. SCS, Ghent (2004)
29. Hanisch, A., Tolujew, J., Richter, K., Schulze, T.: Online Simulation of Pedestrian Flow in Public Buildings. In: Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, pp. 1635-1641. IEEE, Inc., Piscataway, NJ (2003)

# EIN PLUGIN-BASIERTES SOFTWARE-FRAMEWORK FÜR KOMBINATORISCHE OPTIMIERUNGSPROBLEME

**Joachim Käschel\*, Sascha Häckel\*\*, Sascha Lemke\*\*\***

*Technische Universität Chemnitz*

\* *joka@hrz.tu-chemnitz.de*, \*\* *shae@hrz.tu-chemnitz.de*, \*\*\* *lems@hrz.tu-chemnitz.de*

Im vorliegenden Beitrag wird ein Software-Framework für die kombinatorische Optimierung vorgestellt, das sich als Expertensystem zur Lösung von Optimierungsproblemen sowie zur Evaluierung von Lösungsmethoden versteht. Das Framework unterstützt Entwickler von Problemmodellen und Lösungsverfahren durch eine Vielzahl von Funktionalitäten in einer vorstrukturierten Softwarearchitektur. Die bereitgestellten Funktionalitäten reichen von Datenstrukturen und Schnittstellen über Funktionen zur Automatisierung von Paramtertests bis hin zu einer umfassenden grafischen Benutzeroberfläche. Weiterführend sind eine Vielzahl von Problemmodellen aus den Bereichen Produktion und Logistik sowie zahlreiche Lösungsverfahren in das Softwaresystem integriert. In diesem Beitrag werden der strukturelle Aufbau und die Funktionsweise des Frameworks aus Anwender- und Expertensicht anhand eines Beispiels näher erläutert.

## A PLUGIN BASED SOFTWARE FRAMEWORK FOR COMBINATORIAL OPTIMIZATION

**Joachim Käschel\*, Sascha Häckel\*\*, Sascha Lemke\*\*\***

*Chemnitz University of Technology*

\* *joka@hrz.tu-chemnitz.de*, \*\* *shae@hrz.tu-chemnitz.de*, \*\*\* *lems@hrz.tu-chemnitz.de*

In this paper, a software framework for combinatorial optimization is introduced, which understands itself as an expert system for the solution of optimization problems as well as for the evaluation of solution methods. The framework supports developers of problem models and solution algorithms by a set of functionalities in a structured software architecture. Available functionalities reach from data structures and interfaces over functions for the automation of parameter evaluation up to a comprehensive graphic user interface. The software system integrates a multiplicity of problem models from the fields of production and logistics as well as numerous solution methods. In this pater the structure and the function mode of the framework from user and expert views are described on the basis of an example.

### 1. EINFÜHRUNG

Aus Perspektive der Planung und Steuerung besteht in den Bereichen Produktion und Logistik eine große Herausforderung darin, eine erhebliche Menge vielfältiger Optimierungsprobleme zu lösen, die sehr häufig der

kombinatorischen Optimierung zugeordnet werden können. Als Zweig der diskreten Optimierung befasst sich die kombinatorische Optimierung mit Problemen, die über einen diskreten und endlichen Lösungsraum verfügen. Die Lösung derartiger Probleme erfolgt zudem in der Weise, dass eine Menge von zumindest teilweise voneinander abhängigen Einzelentscheidungen zu einer Gesamtlösung kombiniert wird [1]. Kombinatorische Probleme lassen sich im Wesentlichen in vier Problemklassen einteilen [2]. In *Zuordnungsproblemen* werden Elemente aus unterschiedlichen Mengen unter Berücksichtigung der Zielerfüllung einander zugeordnet. Das quadratische Zuordnungsproblem der innerbetrieblichen Standortplanung ist ein typischer Vertreter dieser Klasse. *Reihenfolgeprobleme* hingegen umfassen die Sequenzbildung einer zeitlichen oder organisatorischen Reihenfolge über eine Menge von Elementen. Dieser Problemtyp findet häufig in der Ablaufplanung Anwendung. Beispielhaft ist das Rundreiseproblem (Traveling Salesman Problem, TSP) zu nennen, dessen Ziel die Festlegung einer Besuchsreihenfolge für eine bestimmte Menge von Orten ist, in der ein Handlungsreisender diese Orte mit möglichst geringer Gesamtdauer oder zurückgelegter Gesamtstrecke einmalig besucht. Als weitere Probleme dieser Klasse können Probleme der Maschinenbelegungsplanung wie das Job Shop Scheduling Problem (JSP) genannt werden. Die Problemstellung von *Auswahlproblemen* ergibt sich aus der Auswahl einer Teilmenge aus einer Menge von Elementen unter Einhaltung verschiedener Restriktionen. Typische Vertreter sind Rucksackprobleme. *Gruppierungsprobleme* beinhalten die Aufgabe, einzelne Elemente zu Mengen bzw. Gruppen zusammenzufassen, die dann eine gemeinsame Behandlung erfahren, wie beispielsweise bei Problemen der Losgrößenbildung.

Probleme der kombinatorischen Optimierung zeichnen sich in der Regel durch eine sehr hohe Problemkomplexität aus. Aufgrund der sogenannten *kombinatorischen Explosion* und der damit einhergehenden Größe des Such- bzw. Lösungsraums bei praktischen Problemstellungen verbietet sich eine wirtschaftliche Anwendung mathematisch exakter Lösungsverfahren auf große Probleminstanzen, weshalb auf heuristische Methoden zurückgegriffen wird [3, 4]. Aufgrund der Verwendung von Strategien und Mechanismen zur Überwindung lokaler Optima besitzen insbesondere Metaheuristiken das Potential gute bis sehr gute Näherungslösungen innerhalb einer angemessenen Antwortzeit zu erzielen [5]. OSMAN und KELLY definieren Metaheuristiken als iterative Generierungsprozesse, die untergeordnete Heuristiken durch verschiedene intelligente Konzepte der Exploration und Exploitation des Suchraums mithilfe von lernenden Strategien zur Strukturierung von Probleminformationen steuern, um so möglichst gute Lösungen zu finden [6]. Eine effiziente Verwendung dieser zumeist probabilistischen Verfahren bedarf jedoch der Bestimmung erforderlicher Konfigurationsparameter [7]. Zu diesem Zweck ist eine Evaluierung dieser Algorithmen für jedes spezifische Problemmodell anhand von Probleminstanzen unumgänglich.

Das nachfolgend vorgestellte Software-Framework versteht sich als Expertensystem für die Abbildung von kombinatorischen Optimierungsproblemen und zur Implementierung, Anwendung und Evaluation von zugehörigen Lösungsmethoden. Aufgrund der vielfältigen Evaluationsmöglichkeiten eignet es sich besonders für Verfahren aus dem Bereich der Metaheuristiken und repräsentiert ein Werkzeug zur strukturierten und systematischen Lösung spezifischer kombinatorischer Problemstellungen. Es orientiert sich an dem in Abbildung 1 dargestellten Problemlösungszyklus und stellt für die einzelnen Schritte Rahmenbedingungen, Problemmodelle, Lösungsmethoden und eine Vielzahl an nützlichen Werkzeugen und Funktionen in Form von Plugins oder Bibliotheken zur Verfügung.

Mithilfe einer durchgehenden Softwareunterstützung ermöglicht das Framework dem Entwickler eine zeitnahe Entwicklung von Problemmodellen und Lösungsverfahren sowie deren Anwendung auf bzw. Evaluierung von komplexen kombinatorischen Optimierungsproblemen. Weiterhin werden verschiedene Funktionalitäten, die für den Umgang mit Problem- und Lösungsdaten nützlich sind, wie zum Beispiel Import-, Export- oder Auswertungsfunktionen, zur Verfügung gestellt.

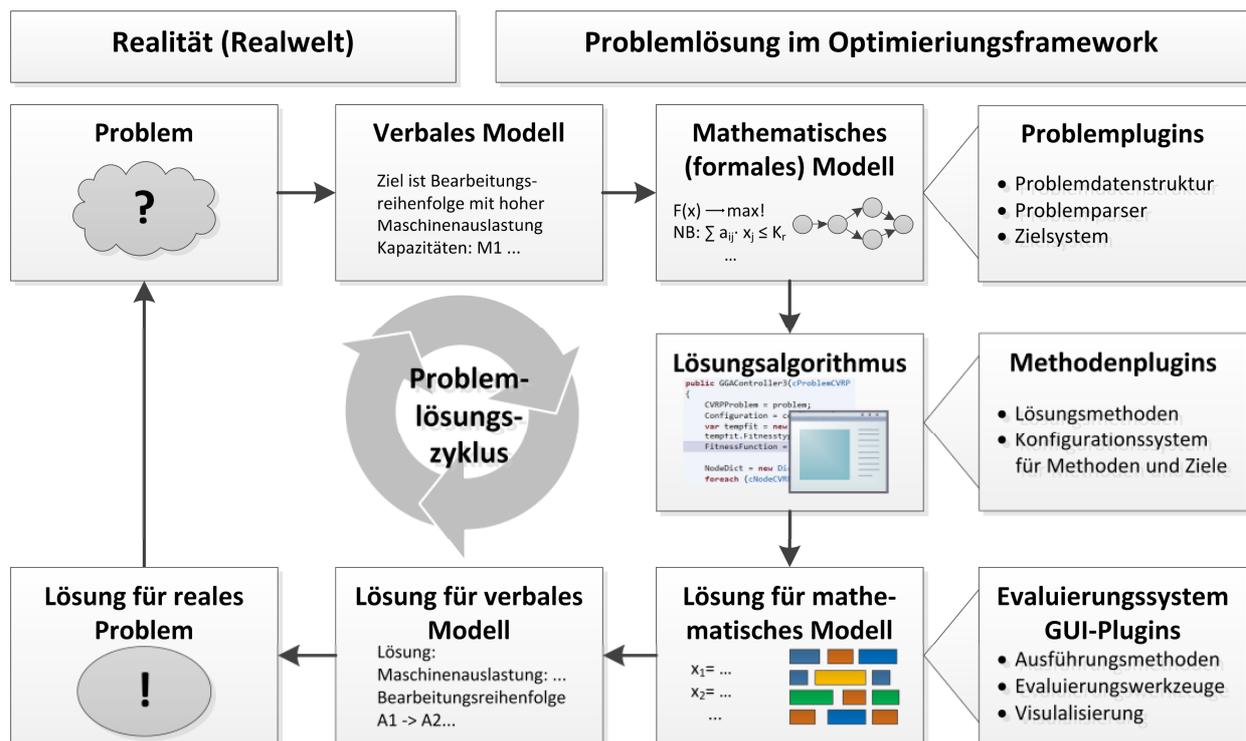


Abbildung 1. Unterstützung des Problemlösungszyklus durch das Software-Framework für die kombinatorische Optimierung (in Anlehnung an [8])

In den beiden folgenden Abschnitten werden Aufbau und Funktionsweise des Frameworks vorgestellt. Vertiefende und weiterführende Informationen wurden darüber hinaus in [9] und [10] publiziert.

## 2. STRUKTURELLER AUFBAU DES SOFTWARE-FRAMEWORKS

Die Kernfunktionalität des Frameworks verfolgt das Grundkonzept einer anwendungsorientierten Middleware, die neben der klassischen Aufgabe einer Middleware, das heißt der Bereitstellung einer Kommunikationsinfrastruktur für verschiedene Softwarekomponenten, die Absicht verfolgt, zusätzliche standardisierte Dienste und Funktionen zur Unterstützung der Teilanwendungen anzubieten [11]. Das wesentliche Ziel dieses Konzeptes ist es, häufig benötigte Datenstrukturen und Funktionen als Framework-Dienst zu standardisieren, sodass die notwendige Entwicklungsarbeit bei der Implementierung von spezifischen Problemmodellen und Lösungsmethoden nicht nur erheblich reduziert, sondern auf ein notwendiges Maß beschränkt wird. Das Framework wurde deshalb mit einer umfangreichen Bibliothek von Kernfunktionalitäten ausgestattet, die problem- und methodenübergreifend verwendet werden. Zu diesen Kernfunktionalitäten zählt beispielsweise eine Vielzahl von Entwickler-Schnittstellen, standardisierten Datenstrukturen, ein Konfigurationssystem zur Parametrisierung von Lösungsverfahren oder Funktionen zur Automatisierung von Parametertests. Darüber hinaus verfügt das System über eine umfangreiche grafische Benutzeroberfläche, das sogenannte Basis GUI (Graphical User Interface). Das Softwaresystem wurde als pluginbasierte Architektur konzipiert, die einerseits eine flexible Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit ermöglicht und andererseits mithilfe von standardisierten Schnittstellen eine wechselseitige Integration der problem- und methodenspezifischen Softwarebausteine mit den Kernfunktionalitäten erlaubt. Die Architektur wird in Abbildung 2 grafisch dargestellt. Das Plugin-System des Frameworks gibt dem Entwickler hierbei eine Reihe von Schnittstellen vor, die er bei der Implementierung eines Plugins einzuhalten hat. Es werden hierbei die verschiedenen Typen Problem-, Methoden- und GUI-Plugin unterschieden. Ein Problemplugin umfasst die Implementierung eines Problemmodells für ein Optimierungsproblem. In Abbildung 2 werden beispielhaft die beiden Problemplugins für das Rundreiseproblem (TSP) und ein Maschinenbelegungsplanungsproblem (JSP) genannt, die bereits Bestandteil des Frameworks sind. Ein Problemmodell setzt sich neben einer abstrakten Problembeschreibung mit Metadaten vorwiegend aus den Datenstrukturen zur Beschreibung von Problemstellung (Problemdaten) und Lösungsdaten (Problemlösung) zusammen. Die Problemstellung umfasst eine Datenstruktur für alle statischen Daten einer Probleminstanz, während die Lösungsdaten die Abbildung einer konkreten Lösung des Optimierungsproblems erlauben. Die vorgegebenen Schnittstellen zur Problem- und Lösungsdatenbeschreibung enthalten in diesem Kontext ein vordefiniertes Format, in welchem das Problemmodell standardisiert beschrieben wird. Weiterführend können für das Problem mehrere, unabhängige Zielfunktionen inklusive der zugehörigen Berechnungsvorschriften implementiert werden, auf die sowohl Framework-Funktionen als auch Lösungsmethoden zur Bewertung einer Lösung zugreifen können. Darüber hinaus ist eine Funktion mit einer

Schnittstelle zum Einlesen von Problemdateien – standardmäßig als Parser für eine Textdatei – als Datenanbindung (Problemdatei-Input) vorgesehen.

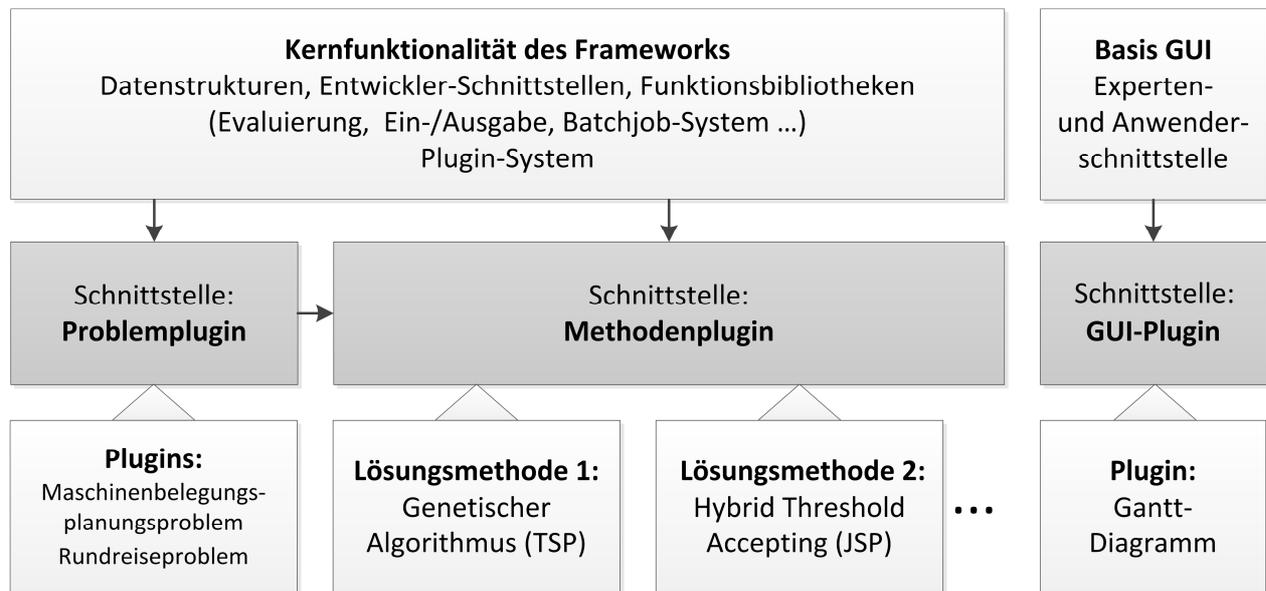


Abbildung 2. Architektur des Software-Frameworks

Für jedes Problemplugin können aufsetzend beliebig viele Methodenplugins implementiert werden, die jeweils ein Lösungsverfahren für das entsprechende Problem beinhalten. Die Zuordnung von lösbaren Optimierungsproblemen erfolgt über die Angabe aller von der Methode unterstützten Problemplugins innerhalb des Methodenplugins. In Abbildung 2 sind die beiden Methodenplugins eines Genetischen Algorithmus für das Problemplugin des Rundreiseproblems (TSP) und Hybrid Threshold Accepting [12] für das Problemplugin der Maschinenbelegungsplanung (JSP) dargestellt. Analog zur Architektur eines Problemplugins ist das Methodenplugin mithilfe von Framework-Schnittstellen standardisiert, wenngleich bei der Entwicklung des eigentlichen Lösungsverfahrens für den Entwickler kaum Grenzen gesetzt werden. Lediglich eine Schnittstelle zur Methodenausführung definiert den Zugriff zur Ausführung der Methode für eine konkrete Probleminstance des Optimierungsproblems unter Verwendung einer bestimmten Konfiguration. Unter Einhaltung dieser Schnittstelle, die ausschließlich die Ein- und Ausgabeformate und -inhalte der Methode definiert, kann eine beliebig strukturierte Lösungsmethode implementiert werden. Dem Entwickler steht allerdings eine Reihe von Softwarebausteinen für die Methodenimplementierung zur Verfügung, wie zum Beispiel ein Framework für einen Generischen Genetischen Algorithmus, verschiedene Scheduler-Klassen für Ressourcenbelegungsprobleme und Datenstrukturen zur Aufzeichnung von Evaluierungsdaten. Die Standardisierung des Methodenplugins bezieht sich vorrangig auf die Konfiguration der Lösungsmethode mit Parametern. Alle Konfigurationsparameter sind in einem vorgegebenen Format nebst Metadaten, einer Standardbelegung und möglichen Ausprägungen (Definitionsbereich) anzugeben. Da das Software-Framework die mehrkriterielle Optimierung mit unter-

schiedlichen Zielmodellen und Zielfunktionstypen unterstützt, ist es letztlich notwendig, die Methode hinsichtlich der Mehrzieloptimierung sowie in Bezug auf die unterstützten Zielfunktionsmodelle zu konfigurieren.

Neben Problem- und Methodenplugins können weiterführend benutzerspezifische grafische Oberflächenelemente ergänzt werden. Hierfür können GUI-Plugins implementiert werden, die ihrerseits Daten eines bestimmten Typs, wie zum Beispiel eine spezifische Lösungsdatenstruktur eines Problemplugins oder spezieller Evaluierungsdaten eines Methodenplugins, visualisieren. Der Entwickler ist dabei nicht nur im Stande, umfassende Visualisierungsmöglichkeiten für eigene Problem- und Methodenplugins umzusetzen, sondern es besteht für ihn auch die Möglichkeit, die Grundfunktionalität des Software-Frameworks zur Visualisierung standardisierter Datenstrukturen anzupassen und zu erweitern.

### 3. OPTIMIERUNGSPROZESS AUS ANWENDERSICHT

Der nachfolgende Abschnitt thematisiert den standardisierten Grundablauf eines Optimierungsprozesses im Software-Framework aus Sicht eines Anwenders. Der gesamte Workflow wird in Abbildung 3 grafisch veranschaulicht.

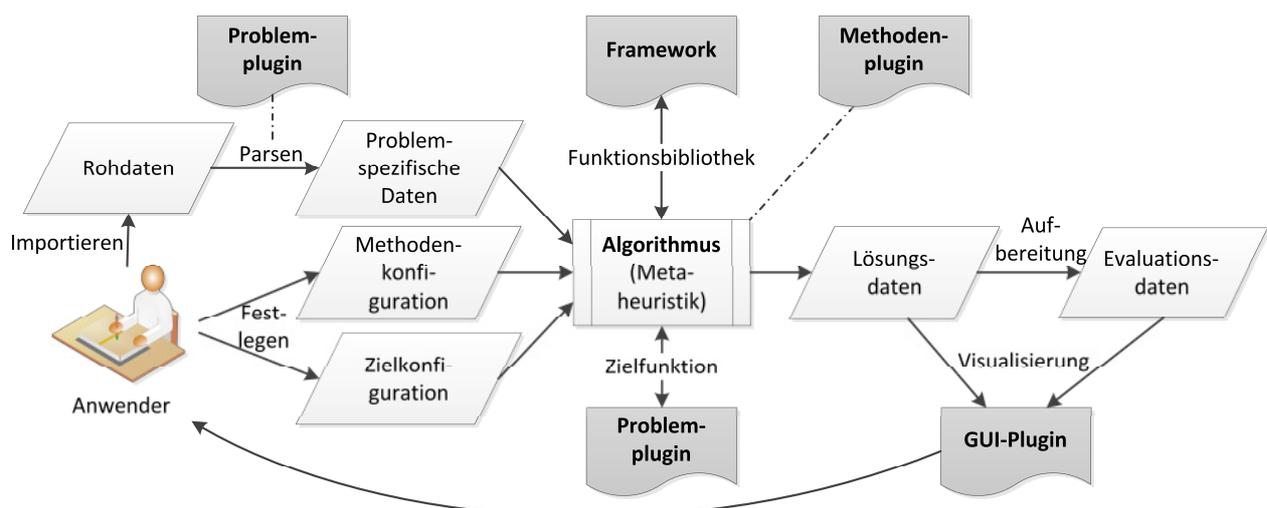


Abbildung 3. Grundablauf der Problemlösung aus Sicht des Anwenders

Die Grundlage des Prozesses bilden die Daten einer Probleminstanz eines Optimierungsmodells, die als Rohdaten typischerweise in Form von Textdateien innerhalb eines bestimmten Benchmark-Formates vorliegen. Der Anwender importiert diese Rohdaten mit einer vom Framework zur Verfügung gestellten Funktion. Die Rohdaten werden eingelesen und in eine interne Repräsentation, das heißt in ein vom Framework standardisiertes Datenformat, transformiert. Diese Aufgabe übernimmt der Problemdatei-Parser des vom Anwender auszuwählenden Problemplugins, woraufhin die Daten im durch das Problemplugin definierten problemspezifischen Format vorliegen. Die Durchführung eines Optimierungslaufs erfordert zudem die Auswahl eines Lösungsverfahrens, das heißt eines konkreten Methodenplugins, welches das Verfahren implementiert

und für das Problemlplugin geeignet ist. Das Framework beschränkt die Auswahlmöglichkeiten hierbei automatisch auf geeignete Methodenplugins. Die Methode muss vor der Ausführung allerdings hinsichtlich der durch das Methodenplugin angegebenen Parameter konfiguriert werden, was über eine standardisierte, generische grafische Anwenderschnittstelle erfolgt. Es besteht auch die Möglichkeit, eine vom Plugin vorgegebene Standardkonfiguration zu verwenden oder zu variieren. Weiterführend müssen für die Methodenausführung die Optimierungsziele festgelegt werden. Im Falle einer mehrkriteriellen Optimierung sind zusätzliche Einstellungen hinsichtlich des Zielmodells (Pareto-Optimierung, Zielaggregation etc.) zu tätigen. Nach Festlegung aller notwendigen Einstellungen wird die Ausführung des zum Methodenplugin gehörigen Lösungsverfahrens gestartet. Metaheuristiken arbeiten zumeist iterativ. Sie generieren und bewerten während des Optimierungsprozesses fortlaufend neue Lösungen. Die Bewertung dieser Lösungen bezüglich der gewählten Ziele kann über die Zielfunktionen des Problemlplugins erfolgen.

Nach Abschluss des Optimierungsprozesses erstellt die Methode Lösungsdaten, die eine oder mehrere Problemlösungen zusammen mit Zielfunktionswerten und optional zusätzliche Evaluierungsdaten zum Verhalten des Lösungsverfahrens umfassen. Bei der Durchführung mehrerer Wiederholungen eines Laufs für statistische Analysen werden die Evaluierungsdaten automatisch aufbereitet und aggregiert. Verschiedene statistische Kennzahlen wie Mittelwerte, Varianzen und Spannweiten werden hierbei automatisch bestimmt. Die Lösungs- und Evaluierungsdaten werden dem Anwender abschließend innerhalb einer grafischen Oberfläche präsentiert und können dort mit verschiedenen Funktionen ausgewertet sowie exportiert werden.

#### **4. AUTOMATISIERUNG VON PARAMETERTESTS MIT DEM BATCHJOBSYSTEM**

Die Leistungsfähigkeit von Metaheuristiken hängt, wie bereits erläutert, stark von deren Konfiguration ab. Zur Bestimmung geeigneter Parameterausprägungen werden a priori zumeist Parametertests im Rahmen einer Methodenevaluierung durchgeführt, die das Leistungsverhalten in Abhängigkeit von der Parametrisierung untersucht. Das Framework stellt mit dem Batchjob-System ein Werkzeug zur teilautomatisierten, systematischen Durchführung von Parametertests zur Verfügung. Gegenstand dieses Systems sind Batchjobs, deren konzeptionelle Gestaltung in Abbildung 4 visualisiert wird. Den Ausgangspunkt eines Batchjobs bildet eine vom Anwender festzulegende Basiskonfiguration für die zu untersuchende Methode. Diese enthält eine standardmäßige Ausprägung sämtlicher Konfigurationsparameter und dient im zweiten Schritt als Grundlage des Variationsschemas für zu untersuchende Parameter. Innerhalb dieses Variationsschemas wird deshalb definiert, welche Parameter innerhalb des Tests wie zu variieren sind. Die Variation erfolgt über die Angabe expliziter Werte oder von Variationsbereichen mit zugehörigen Schrittweiten. Darüber hinaus besteht die Mög-

lichkeit, einzelne Variationen zu Parametergruppen zusammenzufassen, innerhalb derer mögliche Querabhängigkeiten zwischen Parametern mittels Kombination einzelner Variationen untersucht werden sollen. Im dritten Schritt werden auf Basis des Variationsschemas alle notwendigen Einzelkonfigurationen generiert, die bei der Durchführung des Parametertests untersucht werden müssen. Bei der Ausführung des Batchjobs wird für jede generierte Konfiguration eine festgelegte Anzahl von Einzelläufen bei gleichzeitiger Aufzeichnung von Evaluierungsdaten zur Leistung und zum Verhalten der Methode durchgeführt.

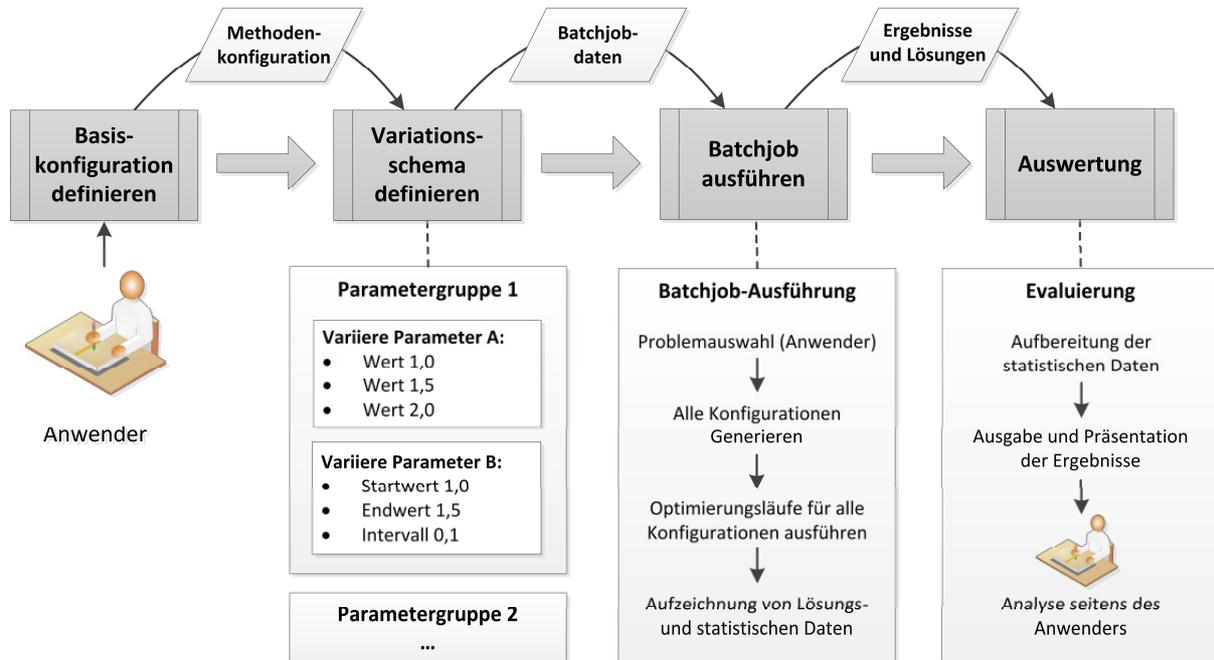


Abbildung 4. Grundablauf eines Parametertests unter Verwendung von Batchjobs

Die Evaluierungsdaten werden zusammen mit den Ergebnissen aufbereitet und stehen für weitere Analysen innerhalb einer Auswertung zur Verfügung.

## 5. LÖSUNG EINES RUNDREISEPROBLEMS MIT DEM SOFTWARE-FRAMEWORK

Der Abschnitt 3 vorgestellte Grundablauf des Optimierungsprozesses aus Anwendersicht wird im Folgenden anhand des Rundreiseproblems exemplarisch nachvollzogen. Abbildung 5 zeigt die unterschiedlichen Sichten im Optimierungsprozess. Die Erstellung einer Probleminstanz kann über den Import vorhandener Benchmarkprobleminstanzen aus Bibliotheken wie der TSPLib [13] erfolgen. Eine weitere Möglichkeit zur Erstellung eigener Probleminstanzen ist die Verwendung eines GUI-Plugins, wie es in Abbildung 5 (links) dargestellt ist. In diesem Plugin können auf einer Hintergrundgrafik beliebige Knoten definiert werden. Die Kanten zwischen diesen Knoten werden als euklidische Distanz automatisch berechnet und können über einen Maßstab skaliert werden. Ein erstelltes Problem wird daraufhin in die interne Problemrepräsentation überführt und steht in der Projektmappe zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung. Zur

Lösung eines Problems können verschiedene Lösungsverfahren (Methodenplugins) gewählt und jeweils einzeln oder als Batchjob ausgeführt werden. Für das TSP stehen beispielsweise die Methodenplugins zweier Genetischer Algorithmen sowie eine Greedy-Heuristik und das Bruteforce-Verfahren standardmäßig zur Verfügung.

Abbildung 5 zeigt (Mitte) den Dialog zur Methodenauswahl bei einer Einzelausführung. Darin wird in der Expertensicht für den Problemtyp zunächst die zu evaluierende Methode ausgewählt, woraufhin eine Filterung aller mit dieser Methode lösbaren und in der Projektmappe vorhandenen Probleminstanzen erfolgt.

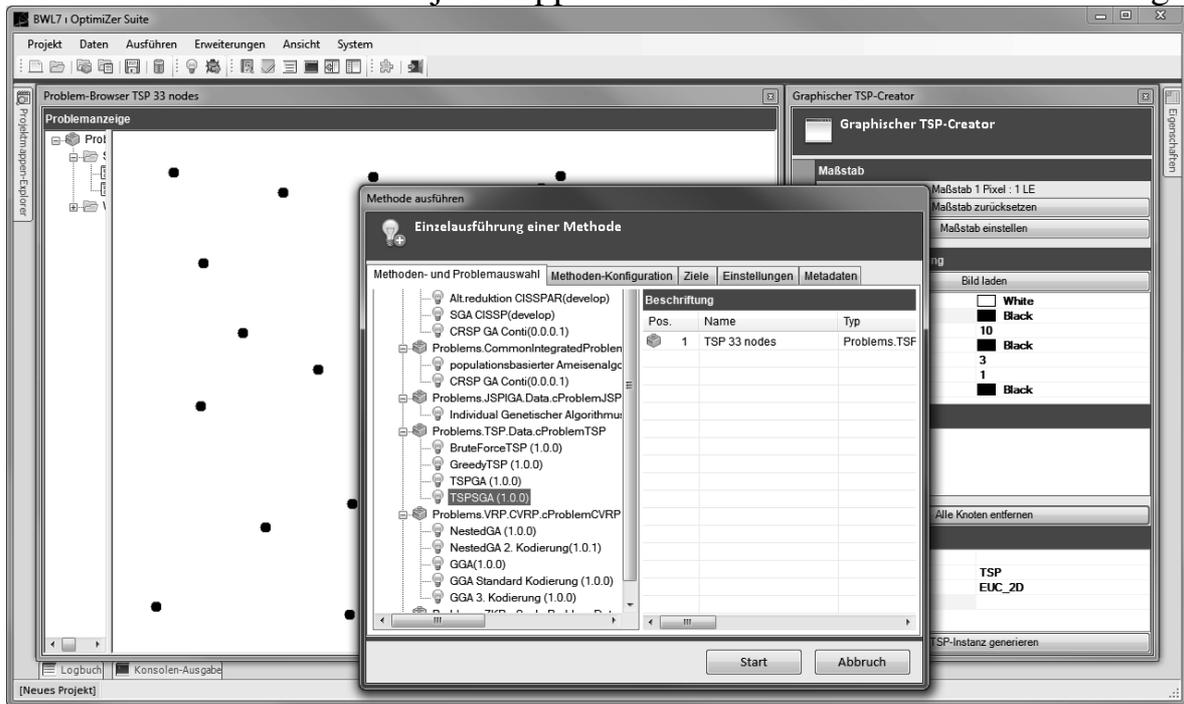


Abbildung 5. Problemvisualisierung eines Rundreiseproblems im Software-Framework

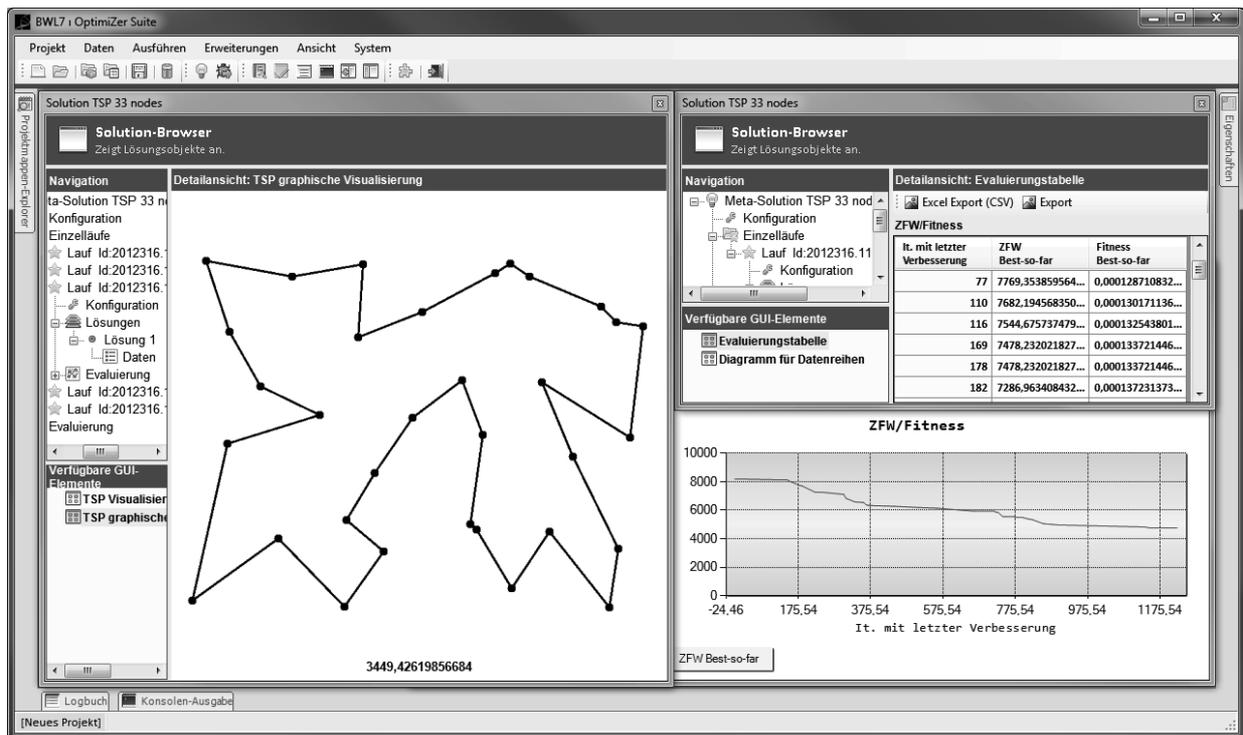


Abbildung 6. Lösungsvisualisierung eines Rundreiseproblems im Software-Framework

Für das obige Beispiel wurde ein Genetischer Algorithmus zur Problemlösung gewählt. Nach der Festlegung aller Konfigurationsparameter für den Genetischen Algorithmus müssen für den Optimierungsprozess zudem die Zielkriterien definiert und konfiguriert werden. Im Falle einer multikriteriellen Optimierung sind zusätzlich Einstellungen hinsichtlich der Zielverknüpfungen zu tätigen. Im vorliegenden Beispiel wurde eine unikriterielle Optimierung zur Minimierung der Gesamtdistanz verwendet. Sind alle nötigen Einstellungen getroffen, kann die Ausführung des zum Methodenplugin gehörigen Lösungsverfahrens gestartet werden. Während der Methodenausführung besteht die Möglichkeit einer Liveoptimierung zu Präsentationszwecken, welche die zum jeweils aktuellen Zeitpunkt beste bisher Lösung anzeigt. Nach Abschluss des Optimierungsprozesses werden seitens der Methode Lösungs- und Evaluierungsdaten generiert. Für das Beispiel werden die Rundreise als Knotenreihenfolge, die zugehörige Tourlänge als Zielfunktionswert sowie Evaluierungsdaten über das Laufzeitverhalten des Genetischen Algorithmus erstellt. Diese können anschließend in der Benutzeroberfläche durch geeignete GUI-Plugins visualisiert und ausgewertet werden. In Abbildung 6 sind sowohl die Problemlösung (Reihenfolge der Rundreise) als auch einzelne Evaluierungswerte dargestellt.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Das im Beitrag vorgestellte Software-Framework bietet die Möglichkeit zur strukturierten Abbildung von Optimierungsproblemen sowie von zugehörigen Lösungsmethoden. Verschiedene Lösungsverfahren können hinsichtlich ihrer Eignung zur Anwendung auf ein bestimmtes Problem teilautomatisiert unter-

sucht werden. Daraus gewonnene Kenntnisse lassen innerhalb des Frameworks auf die Lösung anderer Problemstellungen zielgerichtet übertragen. Aufgrund der Plugin-Architektur und der damit einhergehenden Erweiterbarkeit steht Anwendern bei der Umsetzung von Problemmodellen und Lösungsmethoden ein umfassendes Werkzeug zur Modellierung und Evaluation zur Verfügung. Im Rahmen verschiedener Forschungstätigkeiten wurden bereits mehrere Problemstellungen und Lösungsmethoden innerhalb des Frameworks implementiert. Dazu gehören beispielsweise Probleme der Maschinenbelegungsplanung, mehrstufiger Entscheidungsprozesse sowie das klassische Tourenplanungsproblem modelliert. Außerdem wurde ein Ansatz für ein übergeordnetes abstraktes Optimierungsproblem im Sinne einer Modellierungssprache zur Abbildung komplexer Problemstellungen entwickelt. Das sogenannte *Common Integrated Selection and Scheduling Problem (CISSP)* bietet die Möglichkeit zur Modellierung einer Vielzahl konkreter (integrierter) Selektions- und Reihenfolgeprobleme [14, 15]. Als für das Framework entwickelte Lösungsmethoden können exemplarisch ein hybrider individualgenetischer Algorithmus für die Maschinenbelegungsplanung [12] und ein Genetischer Algorithmus mit mehreren Ableitungen für entsprechende Probleme angeführt werden. Letzterer wurde beispielsweise auf das Tourenplanungsproblem [16] und das Rundreiseproblem angewendet. Weitere Algorithmen, wie zum Beispiel ein Genetischer Algorithmus [17] für das CISSP, sind derzeitige Schwerpunkte der Forschung. In Hinblick auf eine praxisnahe Verwendung der Software ist eine Erweiterung der Modellierungsmöglichkeiten von Problemstellungen durch die Integration einer mit visuellen Elementen unterstützten Beschreibungssprache vorgesehen und bildet einen Kernbestandteil der zukünftigen Forschung. Vertiefende Informationen zu dem vorgestellten Software-Framework finden sich unter der in [10] angegebenen Webseite.

## 7. LITERATUR

1. Kistner, K.-P. Optimierungsmethoden - Einführung in die Unternehmensforschung für Wirtschaftswissenschaftler, 3. Auflage, Heidelberg: Physica Verlag, 2003.
2. Domschke, W., Drexl, A. Einführung in Operations Research (7. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.
3. Domschke, W., Scholl, A. Voß, S. Produktionsplanung – Ablauforganisatorische Aspekte (2. Auflage) Berlin, Heidelberg: Springer, 1997.
4. Teich, T. Optimierung von Maschinenbelegungsplänen unter Benutzung heuristischer Verfahren. Lohmar, Köln: Josef Eul Verlag, 1998.
5. Doerner, K. F. u.a. Metaheuristics Progress in Complex Systems Optimization. Berlin, New York: Springer, 2007.
6. Osman, I. H., Kelly, J. P. Meta-Heuristics – Theory & Applications. Boston, London, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.
7. Nissen, V. Einführung in Evolutionäre Algorithmen., Braunschweig: Vieweg, 1997.
8. Werners, B. Grundlagen des Operations Research (2. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer 2008.
9. Käschel, J., Häckel, S., Lemke, S., Keidel, J., Wegner, M. Ein metaheuristisches Optimierungsframework zur Lösung kombinatorischer Problemstellungen aus Produktion und Logistik, in: *Ta-*

- gungsband der 14. TBI'11 - Nachhaltigkeit in Fabrikplanung und Fabrikbetrieb Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, Chemnitz, 2011.
10. <http://www.tu-chemnitz.de/wirtschaft/bwl7/optsys/framework/>
  11. Hammerschall, U. Verteilte Systeme und Anwendungen – Architekturkonzepte, Standards und Middleware-Technologien. München Pearson: Studium, 2005.
  12. Lemke, S., Häckel, S. A Hybrid Approach of an Individual-Genetic Algorithm and Threshold Accepting for Solving Job Shop Scheduling Problems, in: *Proceedings of the 20th International Conference on Flexible Automation & Intelligent Manufacturing (FAIM 2010)*, Oakland, California
  13. TSP-Library: <http://comopt.ifi.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/>
  14. Käschel, J., Häckel, S., Lemke, S., Keidel, J. Integrated Process Planning and Scheduling For Job-Shop Manufacturing and Temporary Production Networks, in: *Supply Chain and Corporate Environmental Management - Festschrift for Prof. Dr. Dr. h. c. Knut Richter*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac, 2011.
  15. Lemke S., Häckel, S., Keidel J. Das Common Integrated Selection and Scheduling Problem (CISSP) am Beispiel der integrierten Prozessvarianten-auswahl und Maschinenbelegungsplanung, in: *Tagungsband der 21. Internationalen Wissenschaftlichen Konferenz Mittweida (IWKM)*. Mittweida, 2011.
  16. Häckel, S., Meier, S., Schulze, M. Ein Genetischer Algorithmus für das Tourenplanungsproblem, in: *Tagungsband der 14. TBI'11 - Nachhaltigkeit in Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme*, Chemnitz 2011.
  17. Häckel S., Lemke, S., Keidel, J. Ein Genetischer Algorithmus für das Common Integrated Selection and Scheduling Problem (CISSP), in: *Tagungsband der 21. Internationalen Wissenschaftlichen Konferenz Mittweida (IWKM)*, Mittweida 2010.

# ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗАДАЧЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

А.В. Зятчин

*Высшая школа менеджмента СПбГУ  
forgsom@gmail.com*

## VEHICLE ROUTING IN PETROL STATION REPLENISHMENT PROBLEM

Andrey Zyatchin

*Graduate School of Management – University of Saint Petersburg  
forgsom@gmail.com*

### **Введение**

Задача минимизации прямых затрат, связанных с транспортировкой груза из одного или нескольких депо в адрес нескольких получателей груза является актуальной как для компаний, оказывающих логистические услуги, так и для организаций, имеющих собственные отделы доставки. Под затратами здесь могут пониматься как затраты на ГСМ, аренду транспорта, оплаты труда сотрудников, обеспечивающих перевозку груза, так и временные затраты. В связи с этим, третьей заинтересованной стороной в оптимизации маршрутов являются грузополучатели, заинтересованные в снижении себестоимости поставок, уменьшении времени на доставку, минимизации дефицита и проч.

В теории математической оптимизации такой класс известен как задача маршрутизации транспорта, ЗМТ (англ. *vehicle routing problem, VRP*) [4]. Частные постановки такой ЗМТ известны в теории линейного целочисленного программирования как задачи транспортного типа и распределительные задачи. Для таких задач разработаны специальные алгоритмы нахождения оптимального решения, получившие всеобщее признание и успешно применяющиеся в реальных задачах.

В общей постановке ЗМТ является *NP*-сложной, а значит, методы целочисленного программирования в их классической постановке уже не могут быть использованы. В качестве альтернативного подхода в решении ЗМТ широкое распространение получили эвристические и метаэвристические методы, известные в англоязычной литературе как – *saving algorithm, tabu search, brunch and cut, genetic algorithms* и др. [1-5].

Эти методы дают в определенном смысле разумные (а в отдельных случаях – и достаточно близкие к оптимальным) решения задач маршрутизации. В связи с этим поиск решений задач класса ЗМТ представляет большой интерес как для практиков, так и представителей научного сообщества.

В настоящее время широко исследуются отдельные направления из класса ЗМТ. Среди них – классическая задача маршрутизации с одним депо и несколькими грузополучателями. В такой постановке предполагается, что парк транспортных средств неограничен. Требуется найти решение, при котором удовлетворяется весь спрос при минимальных суммарных затратах на транспортировку груза.

Одним из усложнений такой постановки является задача с ограничением на количество транспортных средств, а также ограничений на их грузоподъемность. Отдельно следует отметить задачи маршрутизации, в которых для каждого из грузополучателей известны ограничения на время поставки (окна) [3]. В последние 10 лет успешно исследуются задачи, включающие несколько из перечисленных ограничений одновременно. При этом качество таких решений можно проверить, сравнив его с оптимальным решением для задач малой размерности.

Специальное направление в классе задач маршрутизации транспортом представляют задачи перевозки нефтепродуктов, в частности – задача о распределении запаса, имеющегося на нефтебазе на узлах сети АЗС (англ. *petrol station replenishment problem, PSRP*) [2]. Среди особенностей таких задач можно отметить наличие нескольких секций в полуприцепе бензовоза, что позволяет перевозить одновременно несколько видов нефтепродуктов [5].

В настоящей работе исследовались алгоритмы решения задачи перевозки нефтепродуктов в сети АЗС, учитывающих изменение запасов во времени. Применение алгоритмов реализовано в виде программного обеспечения.

### **Описание алгоритма**

В практических задачах маршрутизации с количеством АЗС более 20 нахождение оптимального решения методами целочисленного линейного программирования в большинстве случаев невозможно из-за высокой размерности задачи (точнее – недостатка вычислительных мощностей). Тем не менее, как уже было сказано, в таких задачах успешно применяются эвристические и мета эвристические методы, которые дают решение, достаточно близкое к оптимальному. В настоящей работе использовался следующий алгоритм:

- 1) Из множества всех резервуаров для каждого вида топлива на всех АЗС определяются резервуары, которые будут иметь нулевой остаток на момент приезда бензовоза (если бензовоз будет направлен из нефтебазы непосредственно на АЗС).

- 2) Из найденного множества резервуаров определяется резервуар с наибольшей скоростью расхода. На соответствующую АЗС направляется бензовоз. Разгрузка на этой АЗС происходит по следующему правилу:
- a. Разгружается одна секция в резервуар, имеющий нулевой остаток и наибольшую скорость расхода;
  - b. После разгрузки секции заново определяются резервуары с нулевым остатком, и выбирается тот, на котором - наибольшая скорость расхода.
  - c. Пункт b. выполняется до тех пор, пока есть резервуары с нулевым остатком или имеется топливо в секциях бензовоза. Предполагается, что секция разгружается полностью.
  - d. Если резервуаров с нулевым остатком не осталось, разгружается одна секция в резервуар, имеющий наименьшее время до простоя, и в котором есть место, по крайней мере, для одной секции (такой резервуар не обязательно имеет наименьший остаток, поскольку при этом он может иметь и низкую скорость расхода);
  - e. Пункт d. выполняется заново до тех пор, пока есть резервуары с ненулевым спросом или топливо в секциях.
  - f. Пункты a-e определяют загрузку бензовоза на выбранном маршруте. В программе загрузка хранится в виде строки, имеющей 4 элемента (соответствующих видам топлива, а сам элемент соответствует количеству секций, загружаемых этим видом топлива). Например, сообщение программы:

Загрузка машины: 0 0 3 1

означает, что топливо вида 1 и 2 не загружается. Топливо вида 3 загружается в **три** секции, топливо вида 4 загружается в **одну** секцию.

После завершения разгрузки на найденной АЗС снова выполняется пункт 1)-2) до тех пор, пока есть не назначенные бензовозы или - резервуары с нулевым остатком. Если после этого остались не назначенные бензовозы, переходим к поиску резервуаров, имеющих остаток меньше, чем объем секции бензовоза. Разгрузка на соответствующих АЗС происходит аналогично п. 1), 2).

После оставшихся АЗС выполняется один из эвристических или метаэвристических алгоритмов, целью которых является минимизация транспортных затрат при максимальном удовлетворении спроса.

Описанный выше алгоритм повторяется в течение заданного периода планирования с заданной периодичностью.

## 1. Ввод данных

Входные данные для работы программы маршрутизации:

- количество АЗС (ограничений в алгоритме на количество АЗС нет);
- объем резервуара для каждого вида топлива на каждой АЗС (по умолчанию предполагается наличие четырех резервуаров на каждой АЗС)

- по одному на каждый вид топлива). В данном описании в качестве примера используются четыре АЗС;
- остаток топлива каждого из видов на каждой АЗС;
- скорость расхода в час каждого вида топлива на каждой АЗС;
- продолжительность планового периода в часах (для динамической версии, по умолчанию – 24 часа);
- периодичность формирования маршрутов (по умолчанию – 5 минут);
- затраты времени на дорогу между нефтебазой и каждой АЗС, а также – между любыми парами АЗС (или указать отсутствие проезда между парой АЗС). Затраты времени на дорогу необходимо указать пропорционально коэффициенту периодичности формирования маршрута;
- количество бензовозов в начале планового периода;
- объем секции (объем секции выбран  $7 \text{ м}^3$  для всех бензовозов, количество секций равно 4).

## 2. Вывод данных

Вывод данных реализован в текстовом виде, рис.1. Рассмотрим вывод программы подробнее. Первое сообщение:

Простой на АЗС №2

указывает на то, что к моменту приезда с нефтебазы на АЗС № 2 будет нулевой остаток (по крайней мере, на одном из резервуаров). Это справедливо, поскольку в соответствии с введенными данными уже на момент начала периода планирования на АЗС № 2 первый вид топлива отсутствует.

Следующее сообщение

Остатки на АЗС (АЗС - столбец) к моменту приезда до разгрузки:

27.8333	0	1.5000	11.7500
4.6667	1.5000	10.5000	10.8333
0.3333	4.7500	9.7500	9.6667
3.1667	19.2500	16.7500	16.9167

показывает остатки топлива на момент приезда с нефтебазы на каждой АЗС по каждому из видов топлива. Здесь строки таблицы соответствуют видам топлива, а столбцы – номерам АЗС.

В следующем сообщении

\* Следующий маршрут: АЗС № 2  
Загрузка машины: 2 2 0 0

указан маршрут для первого свободного бензовоза (поскольку объем секции считается одинаковым для всех машин. В противном случае выбор машины должен реализоваться с помощью решения задачи об оптимальной загрузке) и способ загрузки этого бензовоза.

```

=====
Простой на АЗС №2
Остатки на АЗС (АЗС - столбец) к моменту приезда до разгрузки:
 27.8333      0      1.5000      11.7500
  4.6667      1.5000      10.5000      10.8333
  0.3333      4.7500      9.7500      9.6667
  3.1667      19.2500      16.7500      16.9167

* Следующий маршрут: АЗС № 2
Загрузка машины: 2 2 0 0
Остатки на АЗС после разгрузки АЗС с простоями:
 27.8333      14.0000      1.5000      11.7500
  4.6667      15.5000      10.5000      10.8333
  0.3333      4.7500      9.7500      9.6667
  3.1667      19.2500      16.7500      16.9167

* Следующий маршрут: АЗС № 1
Загрузка машины: 0 0 3 1
* Следующий маршрут: АЗС № 3
Загрузка машины: 3 1 0 0
* Следующий маршрут: АЗС № 1
Загрузка машины: 0 1 1 2
* Следующий маршрут: АЗС № 2
Загрузка машины: 1 1 1 1
Остатки на всех АЗС после разгрузки на АЗС с остатком, меньше объема секции:
 27.8333      21.0000      22.5000      11.7500
 11.6667      22.5000      17.5000      10.8333
 28.3333      11.7500      9.7500      9.6667
 24.1667      26.2500      16.7500      16.9167
Суммарный по всем видам топлива спрос (в секциях) на АЗС: 2 4 5 7
АЗС № 4 имеет наименьшее время до простоя и имеет спрос не ниже грузоподъемности (7)
* Следующий маршрут: АЗС № 4
Загрузка машины: 1 1 2 0
Суммарный по всем видам топлива спрос (в секциях) на АЗС: 2 4 5 3
* Следующий маршрут (номера АЗС): 1 2. На первой АЗС - наименьшее время до простоя, поэтому сначала
Загрузка машины: 1 3 0 0
МАРШРУТИЗАЦИЯ НА ШАГЕ 1 ЗАВЕРШЕНА. Остатки на всех АЗС:
 27.8333      28.0000      22.5000      18.7500
 25.6667      29.5000      17.5000      17.8333
 28.3333      11.7500      9.7500      23.6667
 24.1667      26.2500      16.7500      16.9167

Суммарный по всем видам топлива спрос (в секциях) на АЗС: 0 2 5 3
Свободных машин 0
Elapsed time is 0.011514 seconds.

```

Рис. 1. Вывод данных

В следующем сообщении

Остатки на АЗС после разгрузки АЗС с простоями:  
 27.8333      14.0000      1.5000              11.7500  
 4.6667              15.5000      10.5000      10.8333

0.3333	4.7500	9.7500	9.6667
3.1667	19.2500	16.7500	16.9167

указаны остатки после разгрузки на всех АЗС с нулевыми остатками (в данном случае – только на АЗС № 2)

Далее указаны маршруты для загрузки АЗС, имеющих резервуары с остатками менее одной секции, а также способы загрузки на этих маршрутах:

\* Следующий маршрут: АЗС № 1

Загрузка машины: 0 0 3 1

\* Следующий маршрут: АЗС № 3

Загрузка машины: 3 1 0 0

\* Следующий маршрут: АЗС № 1

Загрузка машины: 0 1 1 2

\* Следующий маршрут: АЗС № 2

Загрузка машины: 1 1 1 1

После этого, приводятся остатки по всем АЗС и назначаются новые маршруты. В данном примере маршрутизация завершилась по причине назначения маршрутов для всех машин.

## **Заключение**

Предложенный алгоритм апробирован на реальных данных. Дальнейшим развитием предложенного алгоритма является использования методов динамической маршрутизации, позволяющих учитывать непредвиденные ситуации (такие как пробки, поломка бензовоз и проч.) в процессе выполнения решения, а также развитие техники на более общий случай для бензовозов с различной грузоподъемностью.

## **Список использованных источников**

1. Alba E., Dorronsoro B. *Computing nine new best-so-far solutions for Capacitated VRP with a cellular Genetic Algorithm* / Information Processing Letters. 2006. pp. 1-6
2. Cornilliera F., Laporte G., Voctora F., Renauda J. *The petrol station replenishment problem with time windows* / Computers & Operations Research. 2009. 36. pp. 919 – 935
3. Hoong Chuin Lau, Melvyn Sim, Kwong Meng Teo *Vehicle routing problem with time windows and a limited number of vehicles* / European Journal of Operational Research. 2003. 148. pp. 559–569
4. Lysgaard J. *Clarke & Wright's Savings Algorithm* / Report, Department of Management Science and Logistics, The Aarhus School of Business, 1997
5. Tricoire F., Doerner K., Hartl R., Iori M. *Heuristic and exact algorithms for the multi-pile vehicle routing problem* / OR Spectrum. 2011. 33. pp. 931–959

# METHODOLOGY AND TECHNIQUE OF STRUCTURE-FUNCTIONAL SYNTHESIS AND DEVELOPMENT MANAGEMENT FOR DISASTER-TOLERANT TRANSPORT-LOGISTIC AND INFORMATION SYSTEMS

B.V. Sokolov<sup>1</sup>, S.A. Potryasaev<sup>1</sup>, V.A. Zelentsov<sup>1</sup>, D.A. Ivanov<sup>2</sup>, Yu.A. Merkurjev<sup>3</sup>

*1 - St.Petersburg Institute for Informatics and Automation*

*2 - Berlin School of Economics and Law*

*3 - Department of Modelling and Simulation (Riga, Latvia)*

*sokol@iias.spb.su*

В докладе рассматриваются методологические и методические основы формализации и решения проблемы структурно-функционального синтеза и управления развитием катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем. Конструктивность полученных результатов подтверждается машинными экспериментами с разработанными прототипами программного обеспечения

Methodological and technical basics of formalization and decision for structure- functional synthesis and development management disaster transport-logistic and information systems are proposed in the paper. Constructive of suggested approach is illustrated with the help of software prototype.

## **1. АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ФОРМУЛИРОВКА РЕШАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ**

Анализ существующих и прогнозируемых кризисных и чрезвычайных ситуаций, повсеместно возникающих в настоящее время в различных предметных областях, показывает, что они перестают быть отраслевыми, а перерастают в аварии и катастрофы, имеющие уже межотраслевой характер. В этих условиях постановка и решение научно-технической проблемы многокритериального анализа, структурно-функционального синтеза и управления совместным развитием катастрофоустойчивых транспортно-логистических процессов и систем (ТЛП/ТЛС), а также информационных систем (КАИС), обеспечивающих их функционирование, является весьма *актуальной* [1–3].

При этом под *катастрофоустойчивостью ТЛС и ИС* понимается способность указанных систем сохранять, реализовывать и восстанавливать свои возможности (свои основные функции), а также критически важную информацию после массового (возможно, целенаправленного) уничтожения их компонентов в результате различных

катаклизмов как природно-техногенного характера, так и инспирированных человеком [1, 4–5].

Таким образом, катастрофоустойчивость ТЛС и ИС предполагает в первую очередь обеспечение сохранности информации и данных, а также возможность восстановления их функционирования после крупной аварии или глобального катаклизма, причем теми же аппаратно-программными средствами должна обеспечиваться и должная степень надежности (традиционная, «локальная», отказоустойчивость) всех или критически важных подсистем, входящих в состав ТЛС и ИС. Поскольку компоненты рассматриваемых систем распределены в пространстве, то в случае массовых отказов на одной территории (площадке) основную работу следует перенести на другую территорию (площадку). Но для этого должно проводиться предварительное комплексное планирование соответствующих мероприятий и операций.

Перечисленные особенности катастрофоустойчивых ТЛС и КАИС приводят к необходимости с принципиально новых позиций подходить к решению проблем создания, применения и развития *сложных организационно-технических систем (СОТС)* указанного класса.

Традиционно для принятия решения на проведение модернизации КАИС необходимо решить следующие задачи: синтез облика модернизируемой КАИС (ищется ответ на вопрос — что и когда надо модернизировать); определение срока (момента времени), к которому надо завершить модернизацию; синтез технологии модернизации (ищется ответ на вопрос — в какой последовательности надо проводить модернизацию); синтез плана проведения модернизации.

Особую сложность данные задачи приобретают в том случае, когда наряду с модернизацией КАИС приходится одновременно модернизировать соответствующую *транспортно-логистическую систему (ТЛС)*. Необходимость данной модернизации вызывается в современных условиях различными причинами, в том числе, повсеместным внедрением в ТЛС технологий радиочастотной идентификации (RFID-технологий) и мобильных информационных технологий для повышения качества транспортного обслуживания клиентов при организации интермодальных перевозок.

Анализ современного состояния мировой экономики показывает, что она характеризуется частой сменой спроса на ресурсы, что оказывает определенное давление на производителей, которые поставляют свои товары в разные части света. В будущем для того, чтобы справиться со стремительными изменениями в спросе и предложении, *возможности транспортировки* будут рассматриваться как предмет потребления. Поставщики деталей и транспортных услуг будут вынуждены торговать опционами и заключать фьючерсные сделки.

При реализации технологии радиочастотной идентификации (RFID-технологии) и мобильных информационных технологий возможный будущий сценарий развития событий в указанных перспективных логистических сетях будет включать в себя следующую последовательность действий. После получения опционов на транспортировку, поставщик должен послать поток Интеллектуальных Посылок (посылок с интеллектуальными электронными знаками, каждый из которых содержит простого интеллектуального агента, встроенного в чип, имплантированный в упаковочный материал) в будущий Центр Всемирной сети логистики (GLN). Каждый посланный агент имеет знания о месте своего назначения, ожидаемом времени прибытия, пути следования, условиях складирования и эксплуатации, весе и размерах. Каждый Центр GLN (склады, транспорт) будет иметь своих собственных агентов, способных общаться с вверенными им интеллектуальными агентами.

При прохождении через GLN сведения о местоположении и состоянии Посылки будут регулярно обновляться через Интернет в соответствии с изменением места их назначения и времени прибытия. Как только становится известно новое место назначения, агенты в Посылках и агенты Центров GLN начинают вести “переговоры” по поводу новых путей следования по Сети — индивидуально для каждой Посылки. В случае необходимости агенты в Посылках будут покупать новые транспортные опционы для продолжения своего путешествия. Предполагается, что агенты будут способны реализовывать перечисленные взаимодействия без обращения к поставщикам Посылок.

Этот сценарий демонстрирует возможные перспективы развития в XXI веке изначально распределенной, самоорганизующейся системы логистики, обеспечивающей снижение временных и материальных транспортных расходов.

Таким образом, в настоящее время особую значимость приобретает проблема формирования научно-методологических основ и разработки соответствующего обеспечения (моделей, методов, алгоритмов, программ) комплексного решения задач проектирования, создания, внедрения и управления совместным развитием катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем (КТЛС и КАИС).

## **2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СИНТЕЗА И УПРАВЛЕНИЯ СОВМЕСТНЫМ РАЗВИТИЕМ КТЛС И КАИС**

Необходимость *научно-методологической проработки* проблем многокритериального структурно-функционального анализа и синтеза (конфигурирования и реконфигурирования) рассматриваемых систем

обусловлена особенностями самой природы КТЛС и КАИС, сложностью их анализа и моделирования: Данные особенности, в первую очередь, связаны с тем, что КТЛС и КАИС функционируют в условиях ярко выраженной неопределенности поведения внутренних и внешних объектов и факторов, анализ и формализация которых представляют самостоятельную проблему. Также КТЛС и КАИС ЛС имеют высокую динамику изменений пространственно-временной структуры и состава (меняются продукция, поставщики, производители, грузоперевозчики, потребители, их географическое положение, условия их взаимоотношений и т. п.); функционируют в условиях жестких ресурсных ограничений, возрастающей скорости материальных, транспортных и финансовых потоков. Кроме того, в рамках КТЛС и КАИС решения принимаются каждым субъектом хозяйствования самостоятельно, при этом они имеют разнородные и даже антагонистические интересы (исполнитель и заказчик одновременно стремятся максимизировать свою прибыль от совместной сделки, в том числе и за счет своего партнера); затруднены возможности оперативного получения информации о логистических процессах и обеспечения требуемой степени ее полноты и достоверности (разнородная техническая и программная оснащенность средствами обработки информации, ограничения, вызванные необходимостью соблюдения конфиденциальности коммерческой информации, высокая степень зависимости свойств получаемой информации от квалификации и мотиваций персонала).

В настоящее время существует *множество частных подходов к формализации и исследованию проблем анализа и синтеза (проблем конфигурирования) КТЛС и КАИС*. Данные подходы, как правило, базируются на количественных моделях, описывающих рассматриваемую проблемную область. К указанным моделям, в первую очередь, могут быть отнесены модели, используемые в исследовании операций, теории управления запасами, математической статистики. Однако, как показывает анализ, решение реальных задач конфигурирования КТЛС и КАИС, возникающих на практике, базируется в большей степени на разнородных и распределенных декларативных и процедуральных знаниях, и главная проблема, связанная со структурно-функциональным синтезом облика КТЛС и КАИС, состоит как раз в интеграции указанных знаний как на уровне бизнес-процессов, так и на уровнях соответствующих приложений и аппаратно-программных платформ с использованием современных интеллектуальных информационных технологий и инструментальных средств.

В ходе проведенных за последние пять лет комплексных исследований по рассматриваемой научно-технической проблеме [1, 3–5] были поставлены и решены следующие *основные задачи*:

- выполнен системный анализ современных подходов к решению проблем анализа и синтеза (конфигурирования) интеллектуальных технологий и систем управления логистическими сетями в различных предметных областях;
- разработаны требования к облику перспективных интеллектуальных систем управления логистическими сетями;
- разработана концептуальная модель процессов создания и развития перспективных КТЛС и КАИС;
- разработаны и обоснованы методологические основы (принципы, концепции, способы, подходы) решения проблем конфигурирования интеллектуальных технологий и систем управления КТЛС и КАИС;
- обоснован облик модельно-алгоритмического и информационного обеспечения ТЛС и КАИС;
- разработаны аппаратно-программные средства и соответствующий стенд для моделирования и исследования возможностей технологий радиочастотной идентификации и мобильных информационных технологий в КТЛС и КАИС;
- разработаны предложения по этапам создания и развития интеллектуальных технологий и систем управления КТЛС и КАИС.

Разработанные в ходе выполненных исследований методологические основы решения проблем структурно-функционального синтеза и управления совместным развитием катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем базировались на результатах, полученных к настоящему времени в обобщенном системном анализе и современной теории управления сложными организационно-техническими системами (СОТС) с перестраиваемыми структурами, и нашли свое конкретное отражение в соответствующих принципах [3–5].

К ним относятся: принцип программно-целевого управления, принцип внешнего дополнения, принцип необходимого разнообразия, принципы полимодельности и многокритериальности, принцип новых задач. Динамическая интерпретация процессов управления структурной динамикой КТЛС и КАИС позволила при комплексном анализе указанных систем во всей полноте использовать результаты, ранее полученные в теории устойчивости и чувствительности динамических систем.

При полимодельном описании процессов управления структурной динамикой КТЛС и КАИС нами использовались технологии комплексного моделирования и концепции, положенные в основу построения имитационных систем. Имитационная система (ИМС), при этом, рассматривалась как специально организованный программно-алгоритмический комплекс, включающий в себя:

- имитационные модели (иерархию моделей),
- аналитические модели (иерархию моделей), дающих упрощенное (агрегированное) описание изучаемых объектов,
- информационную подсистему, включающую в себя базы данных (а в перспективе и базы знаний),
- систему управления и сопряжения, обеспечивающую всех компонент ИмС и работу пользователем (ЛПР) в интерактивном режиме.

В ходе выполненных исследований была предложена **оригинальный обобщенный подход и соответствующие методики** решения рассматриваемой научно-технической проблемы совместного многокритериального структурно-функционального анализа и синтеза облика катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем (КТЛС и КАИС) в условиях возможной деградации структур указанных системы на различных этапах их жизненного цикла, которые предполагают реализацию двух основных фаз. На *первой фазе* должно осуществляться формирование (генерирование) допустимых вариантов многоструктурных макросостояний КТЛС и КАИС или, говоря другими словами, оперативный структурно-функциональный синтез нового облика КТЛС и КАИС, соответствующего складывающейся (прогнозируемой) обстановке, связанной с возможной деградацией их структур.

На *второй фазе* проводится выбор конкретного варианта многоструктурного макросостояния КТЛС и КАИС с одновременным синтезом (построением) и реализацией адаптивных планов (программ) управления переходом КТЛС и КАИС из текущего в требуемое (выбранное) многоструктурное макросостояние.

Главное достоинство данной методики состоит в том, что решение всех перечисленных задач управления структурной динамикой (УСД) КТЛС и КАИС осуществляется на единой методологической и методической основе, базирующейся на комбинированном использовании новых научных и практических результатах, полученных в современной теории управления, исследовании операций, искусственном интеллекте и общей теории систем.

Принятая в качестве базовой, концепция состояния динамических моделей, описывающих УСД КТЛС и КАИС более оперативно осуществлять согласование результатов структурно-функционального синтеза облика указанных катастрофоустойчивых систем как на концептуальном, так и на модельно-алгоритмическом, информационном и программном уровнях.

Наряду собственно с научными результатами авторами были получены следующие практические результаты:

- разработан прототип программно-математического обеспечения анализа и синтеза КАИС, который к настоящему времени реализован при выполнении грантов РФФИ № 07-07-00169, 09-07-00066;

комбинированные методы и алгоритмы комплексного оперативного планирования и распределения ресурсов в КИС использованы при создании специального программно-математического модуля в составе программного комплекса мониторинга состояния сложных объектов в ЗАО «СКБ ОРИОН» и в учебных курсах «Проектирование информационных систем» и «Проектирование АСОИУ» БГТУ («Военмех») им. Д.Ф.Устинова;

- проведен комплекс исследований, направленных на оценивание возможностей применения перспективных технологий радиочастотной индентификации (RFID — технологий) и мобильных информационных технологий (технологий ZigBee, WiFi) для повышения эффективности создания и применения КТПС и КАИС. Было установлено, что важным достоинством технологии RFID при ее реализации в рамках рассматриваемых катастрофоустойчивых систем является возможность бесконтактного ввода данных о состоянии объектов и процессов, происходящих в ТРС, что позволяет существенно сократить общее время ввода указанных данных по сравнению с традиционными методами, исключить возможность ошибок.

Междисциплинарные исследования, выполненные по данной теме, осуществлялись при финансовой поддержке РФФИ (проекты 11-07-00302-а, 10-07-00311-а, 11-08-01016-а, 11-08-00767-а, 12-07-00302). Санкт-Петербургского Научного центра РАН (СПИИРАН проект 2012), программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект 2.11), программы приграничного сотрудничества ESTLATRUS project 2.1/ELRI-184/2011/14.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом *научная новизна и эффективность* полученных решений состоит в разработке методологических и методических основ создания и применения новой интеллектуальной информационной технологии (ИИТ) и модельно-алгоритмических средств автоматизации процессов совместного управления развитием КТЛС и КАИС, позволяющих осуществить переход от эвристических способов их описания к последовательности целенаправленных теоретически и практически обоснованных этапов построения моделей и алгоритмов анализа и синтеза многоструктурных макросостояний рассматриваемых систем, адаптивных к возможным изменениям внешней и внутренней обстановки.

Данный переход позволил существенно уменьшить трудоемкость процессов построения соответствующего программно-математического обеспечения, а также понизить уровень требований, предъявляемых к квалификации их разработчиков, за счет перевода данных процессов из категории «искусство» в категорию «технология». При этом в ходе выполнения исследований было установлено, что процессы управления

создания и функционирования КТЛС и КАИС различной природы и назначения на *функциональном уровне* их рассмотрения имеют существенно меньшее и вполне *обозримое* разнообразие, чем разнообразие их *конструктивных* реализаций. Основываясь на этом утверждении, были предложены комбинированные методы и алгоритмы решения различных классов задач многокритериального структурно-функционального анализа и синтеза облика катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем на различных этапах их жизненного цикла безотносительно к их видовой принадлежности.

Разработанные в ходе выполнения перечисленных проектов методологические и методические основы решения задач структурно-функционального синтеза информационной технологии (ИТ) и системы мониторинга состояний (СМ) сложных технических объектов (СТО), базирующиеся на их полимодельном многокритериальном описании, полученном в рамках теории недоопределенных вычислений и управления структурной динамикой были включены в список важнейших результатов РАН в 2004, 2005, 2008 и 2010 гг.

Междисциплинарные исследования, выполненные по данной теме, осуществлялись при финансовой поддержке РФФИ (проекты 11-07-00302-а, 10-07-00311-а, 11-08-01016-а, 11-08-00767-а, 12-07-00302). Санкт-Петербургского Научного центра РАН (СПИИРАН проект 2012), программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект 2.11), программы приграничного сотрудничества ESTLATRUS project 2.1/ELRI-184/2011/14.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Юсупов Р.М. Наука и национальная безопасность. – СПб.: Наука, 2011. – 369 с. 45 ил.
2. Панкратова Н.Д., Курилин Б.И. Концептуальные основы системного анализа рисков в динамике управления безопасностью сложных систем // Проблемы управления и информатики. 2000, №6. С.120–132.
3. Ivanov, D., Sokolov, B. (2010), Adaptive Supply Chain Management, Springer, London et al.
4. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. . Комплексное моделирование рисков при выработке управленческих решений в сложных организационно-технических системах // Проблемы управления и информатики. 2006, №1. С.1–22.
5. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов – М.: Наука, 2006. – 410 с.

# NASH EQUILIBRIUM IN A GAME OF NAVIGATION PROVIDERS

А.Ю. Крылатов, В.В. Захаров

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,  
Россия  
partizan-sasha@yandex.ru*

Based on a recent water-filling problem solution, an original approach to traffic flow management is developed in order to answer the challenges of flows dynamics and uncertainty. Both traffic flow assignment and management are represented as a non-zero-sum game and interpreted as a low level of decision-making. In addition, the existence and uniqueness of Nash equilibrium are proven and, moreover, explicit form of Nash equilibrium is found.

## INTRODUCTION

Traffic flow problems became an important research area. Since the personal vehicle entered the life of each person, the design of algorithms for efficient traffic flow assignment is crucial. For a comprehensive survey of recent results in traffic flow theory and control an interested reader can read [6]. It turns out that most of the proposed models based on hydrodynamics, kinematics, theory of differential equations and probability theory see for instance [3] and references therein. Here we consider the traffic flow assignment problem as a non-zero-sum game. There are numerous applications of game theory to power control in wireless networks [7]. Thus, we interpret transmitters from wireless networks as providers of navigation (navigators) in traffic flow networks. We use in our model payoff functions similar to [1, 2] and propose methods to find Nash-equilibrium in corresponding game of two navigators (players). The study of navigator's strategic behavior in traffic flow assignment is important in context of traffic jams. In a megalopolis, many drivers can use routs provided by different navigation systems (navigators) to reach their destinations with minimum driving time. Thereby, navigators are interested to provide their customers with higher level of service compare to other competitors. This problem can be considered in either optimization scenario or as a result of non-cooperative game scenario.

In [5] the authors have studied optimization scenario that leads to "Water Filling Optimization Problem". Game scenario is studied in [4, 7] and leads to "Water Filling Game" or "Gaussian Interference Game". In the optimization scenario, one needs to maximize a concave function (Shannon capacity) subject to power constraints. The Lagrange multiplier corresponding to the power constraint is determined by a non-linear equation. In [5] and earlier works, it

was suggested to find the Lagrange multiplier by means of a bisection algorithm, where comes the name “Water Filling Problem”. Recent work [1] shows that the Lagrange multiplier and hence the optimal solution of the water filling problem can be found in explicit form with a finite number of operations. Here we use this result in the context of traffic flow assignment. Moreover we do not enter a centralized controller in such formulation, because it will face a non-convex optimization problem [8]. In the present paper as in [1], the restriction to the symmetric scenario allows us to find the Nash equilibrium in explicit form.

## PLANNING ROUTS AS A SYMMETRIC WATER FILLING GAME

Assume that there are two navigators (“Navigator 1” and “Navigator 2”) which try to assign vehicles so as to maximize its payoff. Moreover we suppose each navigator manage flows of the cars  $T^{j12}$  and  $T^{j21}$  between two arrival-departure districts (“District 1” and “District 2”) using  $n_{12}$  paths from District 1 to District 2 and  $n_{21}$  paths from District 2 to District 1.

The strategy of Navigator  $j$  is  $T^j = (T^{j12}, T^{j21})$  where  $T^{j12} = (T_1^{j12}, \dots, T_{n_{12}}^{j12})$  and  $T^{j21} = (T_1^{j21}, \dots, T_{n_{21}}^{j21})$  with  $T_i^{j12} \geq 0$  for  $i=\{1, \dots, n_{12}\}$ ,  $T_i^{j21} \geq 0$  for  $i=\{1, \dots, n_{21}\}$  and with

$$\sum_{i=1}^{n_{12}} T_i^{j12} = \bar{T}^{j12} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n_{21}} T_i^{j21} = \bar{T}^{j21} \quad (2)$$

where  $\bar{T}^{j12} > 0$  and  $\bar{T}^{j21} > 0$ . The payoffs to Navigators are given as follows

$$v_1(T^1, T^2) = \sum_{i=1}^{n_{12}} \frac{g_i^{12} T_i^{112}}{g_i^{12} T_i^{212} + n_i^{12}} + \sum_{i=1}^{n_{21}} \frac{g_i^{21} T_i^{121}}{g_i^{21} T_i^{221} + n_i^{21}} \quad (3)$$

$$v_2(T^1, T^2) = \sum_{i=1}^{n_{12}} \frac{g_i^{12} T_i^{212}}{g_i^{12} T_i^{112} + n_i^{12}} + \sum_{i=1}^{n_{21}} \frac{g_i^{21} T_i^{221}}{g_i^{21} T_i^{121} + n_i^{21}} \quad (4)$$

where  $n_i^{kl}$  is the traffic flow that does not use neither Navigator 1 nor Navigator 2 and selects  $i$ -th path from District  $k$  to District  $l$ ,  $g_i^{kl} > 0$  is the relative amount of lanes on the  $i$ -th path from District  $k$  to District  $l$  which can be changed by city authority if necessary. The first sum in payoffs relates to traffic from District  $k$  to District  $l$ , the second sum – on the contrary – from District  $l$  to District  $k$ .

We shall characterize a Nash Equilibrium of this problem. The strategies  $(T^{1*}, T^{2*})$  constitute a Nash Equilibrium, if for any strategies  $(T^1, T^2)$  the following inequalities hold:

$$\begin{aligned} v_1(T^1, T^{2*}) &\leq v_1(T^{1*}, T^{2*}), \\ v_2(T^{1*}, T^2) &\leq v_1(T^{1*}, T^{2*}). \end{aligned}$$

Since  $v_1$  and  $v_2$  are concave in  $T^1$  and  $T^2$  respectively, the Kuhn-Tucker conditions imply the following theorem.

*Theorem 1.*  $(T^{1*}, T^{2*})$  is a Nash equilibrium if and only if there are non-negative  $\omega^1_1, \omega^1_2, \omega^2_1$  and  $\omega^2_2$  (Lagrange multipliers) such that

$$\frac{g_i^{12}}{g_i^{12}T_i^{m12} + n_i^{12}} \begin{cases} = \omega_1^j \text{ for } T_i^{j12*} > 0, \\ \leq \omega_1^j \text{ for } T_i^{j12*} = 0, \end{cases} \quad (5)$$

for  $i = \{1, \dots, n_{12}\}$ ,

$$\frac{g_i^{21}}{g_i^{21}T_i^{m21} + n_i^{21}} \begin{cases} = \omega_2^j \text{ for } T_i^{j21*} > 0, \\ \leq \omega_2^j \text{ for } T_i^{j21*} = 0, \end{cases} \quad (6)$$

for  $i = \{1, \dots, n_{21}\}$ , where  $j, m = \{1, 2\}$  and  $j$  is not equal to  $m$ .

Proof. Functions  $v_1$  and  $v_2$  are linear with respect to  $T_i^{112}, T_i^{121}$  and  $T_i^{212}, T_i^{221}$  corresponding, that means they are both convex and concave. Such a fact allows us to apply Kuhn-Tucker theorem. The Lagrangian corresponding to minimization of  $-v_j$  subject to the constraints (1) and (2) and non-negativity constraints on  $T_i^{mk}$  is given by

$$\begin{aligned} L^j = & - \sum_{k=1}^{n_{12}} \frac{g_k^{12}T_k^{112}}{g_k^{12}T_k^{m12} + n_k^{12}} - \sum_{k=1}^{n_{21}} \frac{g_k^{21}T_k^{121}}{g_k^{21}T_k^{m21} + n_k^{21}} + \omega_1^j \left( \sum_{k=1}^{n_{12}} T_k^{j12} - \bar{T}^{j12} \right) \\ & + \omega_2^j \left( \sum_{k=1}^{n_{21}} T_k^{j21} - \bar{T}^{j21} \right) + \sum_{k=1}^{n_{12}} v_k^{j12} (-T_i^{j12}) + \sum_{k=1}^{n_{21}} v_k^{j21} (-T_i^{j21}) \end{aligned}$$

with unequal  $m$  and  $j$ . Differentiating the Lagrangian with respect to  $T_i^{j12}$  and  $T_i^{j21}$  and equating the derivative to zero, we obtain

$$\begin{aligned} \omega_1^j &= \frac{g_k^{12}}{g_k^{12}T_k^{m12} + n_k^{12}} + v_i^{j12}, \\ \omega_2^j &= \frac{g_k^{21}}{g_k^{21}T_k^{m21} + n_k^{21}} + v_i^{j21}. \end{aligned}$$

Now, using the complimentary slackness condition  $v_i^{j12}T_i^{j12} = 0$  and  $v_i^{j21}T_i^{j21} = 0$ , we obtain conditions (5) and (6). Q.E.D.

Thus we are ready to introduce some strategies, which the Nash equilibrium will have the form of. For positive  $\omega^1_1, \omega^1_2, \omega^2_1$  and  $\omega^2_2$  such that vector  $\omega^1 = (\omega^1_1, \omega^1_2)$  and vector  $\omega^2 = (\omega^2_1, \omega^2_2)$  we introduce the following notations:

$$T_i^{112}(\omega^1, \omega^2) = \begin{cases} \frac{1}{\omega_1^2} - \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}}, & \text{if } \omega_1^2 < \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}}, \\ 0, & \text{if } \omega_1^2 \geq \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}}, \end{cases}$$

$$T_i^{121}(\omega^1, \omega^2) = \begin{cases} \frac{1}{\omega_2^2} - \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}}, & \text{if } \omega_2^2 < \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}}, \\ 0, & \text{if } \omega_2^2 \geq \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}}, \end{cases}$$

$$T_i^{212}(\omega^1, \omega^2) = \begin{cases} \frac{1}{\omega_1^1} - \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}}, & \text{if } \omega_1^1 < \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}}, \\ 0, & \text{if } \omega_1^1 \geq \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}}, \end{cases}$$

$$T_i^{221}(\omega^1, \omega^2) = \begin{cases} \frac{1}{\omega_2^1} - \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}}, & \text{if } \omega_2^1 < \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}}, \\ 0, & \text{if } \omega_2^1 \geq \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}}, \end{cases}$$

let's state this result in theorem.

*Theorem 2. Each Nash equilibrium is of the form  $(T^1(\omega^1_1, \omega^1_2, \omega^2_1, \omega^2_2), T^2(\omega^1_1, \omega^1_2, \omega^2_1, \omega^2_2))$  for some positive  $\omega^1_1, \omega^1_2, \omega^2_1$  and  $\omega^2_2$ .*

The next result shows that there is a monotonous dependence between capacity of traffic flow and Lagrange multipliers.

*Corollary 1. Let  $(T^1(\omega^1_1, \omega^1_2, \omega^2_1, \omega^2_2), T^2(\omega^1_1, \omega^1_2, \omega^2_1, \omega^2_2))$  be a Nash equilibrium. If  $\bar{T}^{112} > \bar{T}^{212}$  then  $\omega^1_1 > \omega^2_1$  and if  $\bar{T}^{121} > \bar{T}^{221}$  then  $\omega^1_2 > \omega^2_2$ .*

To find the equilibrium strategies we have to find  $\omega^1_1, \omega^1_2, \omega^2_1, \omega^2_2$  such that the following conditions hold

$$H^{j12}(\omega^1, \omega^2) = \bar{T}^{j12} \text{ for } j=\{1,2\} \quad (7)$$

where

$$H^{j12}(\omega^1, \omega^2) = \sum_{i=1}^n T_i^{j12}(\omega^1, \omega^2) \text{ for } j = 1,2$$

$$H^{j21} = \bar{T}^{j21} \text{ for } j=\{1,2\} \quad (8)$$

where

$$H^{j21}(\omega^1, \omega^2) = \sum_{i=1}^n T_i^{j21}(\omega^1, \omega^2) \text{ for } j = 1,2$$

*Lemma 1. The system of non-linear equations (7) and (8) has unique positive solution  $(\omega^{1*}_1, \omega^{1*}_2, \omega^{2*}_1, \omega^{2*}_2)$ .*

Proof. According to Theorem 2, each strategy of Navigators is the function of the four variables. Moreover, achieved explicit forms of strategies allows us

assert that  $H^{jlk}(\omega^1, \omega^2) = \hat{H}^{jlk}(\omega_i^m)$  where  $j$  and  $m$  are unequal and take the value 1 or 2. It is clear that  $\hat{H}^{jlk}(\cdot)$  is continuous in  $(0, \infty)$ ,

$$\hat{H}^{jlk}(\tau) \text{ for } \tau \leq F \text{ where } \frac{n_i^{lk}}{g_i^{lk}} \leq F \quad \forall i \in [1, n_{lk}]$$

$\hat{H}^{jlk}(+\infty) = +\infty$  and  $\hat{H}^{jlk}(\cdot)$  is strictly increasing in  $(F, \infty)$ . Then there is the unique positive  $\omega_i^{m*}$  such that  $\hat{H}^{jlk}(\omega_i^{m*}) = \bar{T}^{jlk}$ . Q.E.D.

Due to Theorem 1 and Lemma 1 we are able to obtain the explicit form of optimal strategies for Navigators in the game of traffic flow assignment. For this purpose we have to find optimal values of  $\omega_1^1, \omega_2^1, \omega_1^2$  and  $\omega_2^2$  that can be reached by the following system solving

$$\sum_{\omega_1^2 < \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}}} \frac{1}{\omega_1^2} - \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}} = \bar{T}^{112}, \quad (9)$$

$$\sum_{\omega_2^2 < \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}}} \frac{1}{\omega_2^2} - \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}} = \bar{T}^{121}, \quad (10)$$

$$\sum_{\omega_1^1 < \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}}} \frac{1}{\omega_1^1} - \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}} = \bar{T}^{212}, \quad (11)$$

$$\sum_{\omega_2^1 < \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}}} \frac{1}{\omega_2^1} - \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}} = \bar{T}^{221}. \quad (12)$$

To find the solution in an analytical form, without loss of generality, we can assume that

$$\frac{n_1^{12}}{g_1^{12}} \geq \frac{n_2^{12}}{g_2^{12}} \geq \dots \geq \frac{n_{n_{12}}^{12}}{g_{n_{12}}^{12}},$$

$$\frac{n_1^{21}}{g_1^{21}} \geq \frac{n_2^{21}}{g_2^{21}} \geq \dots \geq \frac{n_{n_{21}}^{21}}{g_{n_{21}}^{21}}.$$

In the performance of these conditions the following Theorem 3 is appeared.

*Theorem 3. Nash equilibrium in a game of two Navigators with payoffs (3) and (4) is achieved by the following strategies using*

$$T_i^{112*} = \begin{cases} \frac{\bar{T}^{112} + \sum_{j=1}^{k_{12}^1} \left( \frac{n_j^{12}}{g_j^{12}} - \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}} \right)}{k_{12}^1}, & \text{if } i \leq k_{12}^1 \\ 0, & \text{if } i > k_{12}^1 \end{cases}$$

$$T_i^{121*} = \begin{cases} \frac{\bar{T}^{121} + \sum_{j=1}^{k_{21}^1} \left( \frac{n_j^{21}}{g_j^{21}} - \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}} \right)}{k_{21}^1}, & \text{if } i \leq k_{21}^1 \\ 0, & \text{if } i > k_{21}^1 \end{cases}$$

$$T_i^{212*} = \begin{cases} \frac{\bar{T}^{212} + \sum_{j=1}^{k_{12}^2} \left( \frac{n_j^{12}}{g_j^{12}} - \frac{n_i^{12}}{g_i^{12}} \right)}{k_{12}^2}, & \text{if } i \leq k_{12}^2 \\ 0, & \text{if } i > k_{12}^2 \end{cases}$$

$$T_i^{221*} = \begin{cases} \frac{\bar{T}^{221} + \sum_{j=1}^{k_{21}^2} \left( \frac{n_j^{21}}{g_j^{21}} - \frac{n_i^{21}}{g_i^{21}} \right)}{k_{21}^2}, & \text{if } i \leq k_{21}^2 \\ 0, & \text{if } i > k_{21}^2 \end{cases}$$

where  $k_{12}^1$ ,  $k_{21}^1$ ,  $k_{12}^2$  and  $k_{21}^2$  can be found from the following conditions:

$$\varphi_{k_{lq}^m}^{lq} < \bar{T}^{mlq} \leq \varphi_{k_{lq}^m+1}^{lq}$$

where  $m = \{1,2\}$  and  $l,q = \{1,2\}$  when  $l$  is not equal to  $q$  and

$$\varphi_t^{lq} = \sum_{i=1}^t \left( \frac{n_t^{lq}}{g_t^{lq}} - \frac{n_i^{lq}}{g_i^{lq}} \right) \text{ for } t \in [1, n_{lq}].$$

Proof. First note  $\hat{H}^{jlk}(\omega_i^m) = 0$  for  $\omega_i^m \geq (g_i^{lq}/n_i^{lq})$ ,  $\hat{H}^{jlk}(\omega_i^m)$  is strictly positive and decreasing in  $(0, g_i^{lq}/n_i^{lq})$ . Let  $k_{lq}^m = \{1, \dots, n_{lq}\}$  be such that

$$\frac{g_{k_{lq}^m}^{lq}}{n_{k_{lq}^m}^{lq}} > \omega_l^{m*} \geq \frac{g_{k_{lq}^m+1}^{lq}}{n_{k_{lq}^m+1}^{lq}}$$

where  $(n_i^{lq}/g_i^{lq}) = \infty$  when  $i = n_{lq}$ .

Then,  $[1/\omega_l^{m*} - n_i^{lq}/g_i^{lq}]_+ = 1/\omega_l^{m*} - n_i^{lq}/g_i^{lq}$  for  $i = \{1, \dots, k_{lq}^m\}$  and  $[1/\omega_l^{m*} - n_i^{lq}/g_i^{lq}]_+ = 0$  for  $i = \{k_{lq}^m+1, n_{lq}\}$ . So,

$$H^{jlq}(\omega_l^{m*}) = \sum_{i=1}^{k_{lq}^m} \left( \frac{1}{\omega_l^{m*}} - \frac{n_i^{lq}}{g_i^{lq}} \right).$$

Since  $H^{jlq}(\omega_l^{m*}) = \bar{T}^{jlk}$  we have that

$$\omega_l^{m*} = \frac{k_{lq}^j}{\bar{T}^{jlk} + \sum_{r=1}^{k_{lq}^j} \left( \frac{n_r^{lq}}{g_r^{lq}} - \frac{n_i^{lq}}{g_i^{lq}} \right)}$$

Because  $H^{jlq}$  is strictly decreasing on  $(0, g_i^{lq}/n_i^{lq})$  we can find  $k_{lq}^m$  from the following condition  $H(n_i^{lq}/g_i^{lq}) < \bar{T}^{jlk} \leq H(n_{i+1}^{lq}/g_{i+1}^{lq})$  where  $i = k_{lq}^m$ .

Since

$$\sum_{i=1}^{k_{lq}^j} \left( \frac{n_{k_{lq}^j}^{lq}}{g_{k_{lq}^j}^{lq}} - \frac{n_i^{lq}}{g_i^{lq}} \right) = \sum_{i=1}^{k_{lq}^j+1} \left( \frac{n_{k_{lq}^j}^{lq}}{g_{k_{lq}^j}^{lq}} - \frac{n_i^{lq}}{g_i^{lq}} \right)$$

the integer  $k_{lq}^m$  can be found from the following equivalent condition

$$\varphi_{k_{lq}^m}^{lq} < \bar{T}^{mlq} \leq \varphi_{k_{lq}^m+1}^{lq}$$

Therefore, two last results imply Theorem 3. Q.E.D.

## CONCLUSION

We have considered traffic flow assignment in game framework with fixed parameters of city roads (lanes amount). Explicit form of Nash equilibrium has been provided. We can call such level of decision-making as a low level so that in future works we are going to develop idea of upper decision-making level (city authority) about parameters of the city roads. Moreover, we expect that the present approach can be generalized to the case of more than two users. However this is another future research topic.

## REFERENCES

1. Altman E., Avrachenkov K., Garnaev A. Closed Form Solutions for Water-Filling Problem in Optimization and Game Frameworks. *Telecommunication Systems Journal*, 2009.
2. Altman E., Avrachenkov K., Garnaev A. Jamming Game in Wireless Networks with Transmission Cost. *Lecture Notes in Computer Science*, v. 4465, pp. 1-12, 2007. *Proc. the International Conference on Network Control and Optimization (NET-COOP 2007)*, June, 200, Avignon, France.
3. Chowdhury D., Santen L., Schadschneider A. Statistical physics of vehicular traffic and some related systems // *Phys. Rep.* 2000. V. 329. P. 199-329.
4. D.C. Popescu, O. Popescu and C. Rose, "Interference avoidance versus iterative water filling in multiaccess vector channels", in *Proceedings of IEEE VTC 2004 Fall*, v.3, pp.2058-2062, 2004.
5. D. Tse and P. Viswanath, *Fundamentals of Wireless Communication*, Cambridge University Press, 2005.
6. Kerner B.S. *Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control: The Long Road to Three-Phase Traffic Theory*, Springer, 2009.
7. L. Lai and H. El Gamal, "The water-filling game in fading multiple access channels", submitted to *IEEE Trans. Information Theory*, November 2005, available at <http://www.ece.osu.edu/helgamal/>.
8. S.T. Chung and J.M. Cioffi, "Rate and power control in a two user multicarrier channel with no coordination: the optimal scheme vs. suboptimal methods", in *Proceedings of IEEE VTC'02-Fall*, v.3, pp. 1744-1748, 2002.

# INTRODUCTION OF A COMPUTER VISION SYSTEM FOR RECOGNIZING UNIVERSAL LOGISTICS GOODS IN STANDARD CONTAINERS

B. Scholz-Reiter, H. Thamer

*BIBA, Intelligent Production and Logistics Systems, University of Bremen,  
Bremen, Germany  
tha@biba.uni-bremen.de*

## **Abstract**

Unloading of standard containers by robotic systems offers a great potential for automation of logistics processes, in order to improve global supply chains and to reduce transport costs. Existing approaches are limited to one specific shape class of goods. The challenges for extending these systems to universal logistics goods are developing suitable gripping units for handling all types of goods and a suitable computer vision system. This paper enters the discussion at this point and presents a concept for a computer vision system for recognizing universal logistics goods. Therefore, shape classes for logistics goods are defined. Afterwards, requirements concerning the logistics process and the vision system are determined. The tasks for the computer vision systems are divided in different use cases that represent the desired behavior of the system. The proposed concept is realized upon a model database that contains simulated sensor images of geometric models of each predefined shape class. The classification of identified object candidates within the sensor data to a specific class and the determination of position and orientation inside the container are performed by comparing the sensor data to the model database.

## **1. INTRODUCTION**

Unloading of standard containers is an important logistics task within supply chains that is mainly executed manually [1]. An automated unloading system could improve logistics process chains concerning processing time and transportation costs. Existing approaches like the Parcel Robot or prototypical implementations are limited to one specific shape class of goods and cannot completely satisfy the high requirements of dynamic logistics environments [1][2]. For example, handling of goods with different shape classes requires robots with different gripping technologies. Vacuum grippers that are usually applied for handling of cubical goods cannot be used for gripping of sacks or goods with cylindrical shape. Additionally to gripping technologies, the design and the implementation of a suitable computer vision system are other crucial steps towards an automatic unloading system for universal goods. The system is responsible for interpreting sensor data to recognize randomly placed and oriented goods with different shapes. Existing approaches use laser measurement sensors that acquire 3D information about packaging scenarios by using the Time-Of-Flight (TOF) measurement principle [3]. The 3D information can be represented as point cloud that contains all xyz-coordinates of all detected points on object sur-

faces in a spatial domain or as a range image. A range image stores distance values from sensor to object instead of intensity values. An approach for recognizing shape classes of objects within sensor data is using a model database. Regions in the image data are segmented and then compared to all models of the database, in order to classify and to localize an object in the scenario. Additionally, in order to fulfill processing time requirements, the recognition and localization of objects in containers has to be performed roughly in real-time.

This paper presents a concept for a computer vision system that recognizes universal logistics goods inside standard containers by using sensor data that is acquired by TOF sensors. The concept uses a model database that is created by using simulated sensor images of geometric models from predefined shape classes. The following sections are structured as follows. Section 2 presents unloading processes of containers. Firstly, characteristics of manual processes are described. Secondly, existing approaches or products of automatic unloading systems are described. Section 3 describes requirements of the computer vision system. Therefore, use cases are identified and visualized. Additionally, required properties of the system are specified. Section 4 presents detailed the developed concept. In this context we describe initially the geometric models of predefined shape classes. Following, we describe the model database with simulated sensor images of the geometric models. Finally, the recognition process is presented that classify each object in the sensor data to a predefined shape class. The paper ends with a summary and an outlook on further research activities.

## **2. UNLOADING OF GOODS**

The unloading of logistics goods out of standard containers is a crucial step in supply chains. Due to its complexity concerning different shapes and weights of packages, the unloading is mainly executed manually or with the aid of semi-automatic systems. The packages of goods that are transported inside a container as without a pallet can be divided in the three different shape classes cubical, cylindrical and sack-shaped goods [4]. Based on a recent study [4] the amount of cubical goods in the European container market belongs to 44 %. Goods that are transported in sacks have a share of 15 % and the amount of cylindrical goods is less than 1 %. The remaining goods are transported on pallets or are goods with special shapes. Usually, the unloading of a container requires up to three persons. The time for a complete unloading of a container depends on the container content and the efficiency of the workers. For example, the flow-rate of semi-automatic unloading of a container by using a telescope belt conveyor and one worker is 576 goods per hour [5]. This scenario consists of cubical goods that differ in weight and size. The same scenario with a complete manual unloading has a flow-rate of 154-250 goods per hour. Concerning unloading of sacks, the flow-rate is 300 sacks per hour with two workers [6].

In order to improve the described manual processes, the development of automatic unloading systems for universal logistics goods is a current research

topic. The first system that has reached marketability was the Parcel Robot [1]. The robot is able to unload randomly placed cubical goods out of a standard container by using a vacuum gripping unit. The goods could have a maximum weight of 31.5 kg and a maximum side length to 1.20 m. Image acquisition is performed by a laser scanner that delivers a dense 3D representation of the packaging scenario. After an object recognition step, a trajectory for the gripping unit to the cubical good is computed and the gripping process is started. The cycle time of the first version of the robot (PR500) is 1.25 seconds that leads to approximately 450 cycles per hour [7]. Figure 1a shows an image of the Parcel Robot.

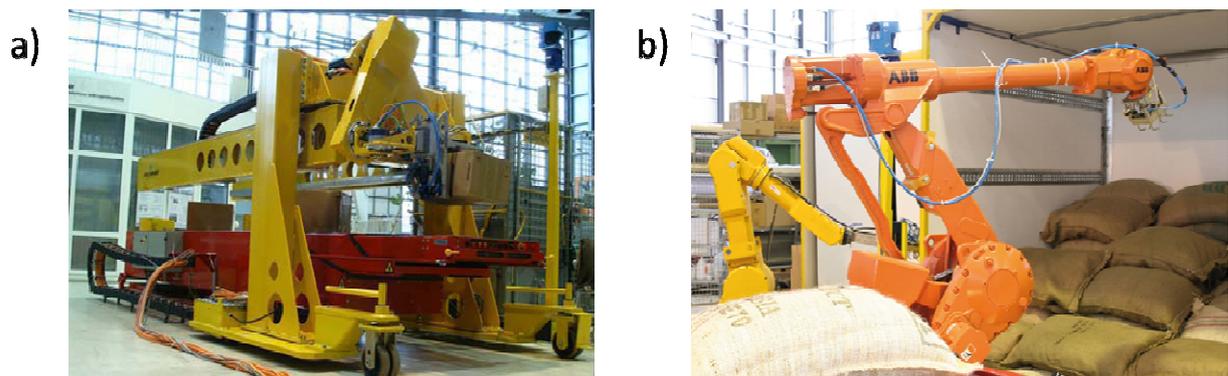


Fig. 1 a) Parcel Robot [1] b) Prototype for unloading of sacks [6]

Automatic unloading of sacks is a task that differs from the process for cubical objects mentioned above. The main differences are in the technology of the gripping unit and in the computer vision system. Vacuum grippers cannot easily be adapted to handling of sacks, due to the material and the consistence of sacks. Object recognition of sacks is more complicated compared to cubical objects, because sacks require a geometrical model that is more complex to develop. Due to possible deformations, a sack good can have different characteristics than another one. Therefore, a model database must to contain many instances of this shape class.

A first prototype for unloading of heavy coffee sacks out of a container is developed at the BIBA institute [6]. Figure 1b illustrates the design of the prototype. The gripping unit is able to handle coffee sacks. A simple solid model for a sack is developed for object recognition. Although the gripping unit is successfully applied for handling of sacks, the use of a solid geometrical model in the vision system leads to an inflexible system. Due to occlusions in the scenario and possible deformations on the goods, applying a solid model could lead to erroneous results in the recognition process.

Hence, the successful implementation of a universal unloading system strongly depends on a suitable and reliable computer vision system. The system must be able to handle different requirements of the specific application scenario presented in the next section.

### 3. REQUIREMENTS FOR A VISION SYSTEM

The computer vision systems must be able to analyze different packaging scenarios inside a container. The packaging scenario can consist of goods of all predefined shape classes. Due to damages or deformations the shape of a good can differ from its ideal shape. Therefore, the algorithms within the vision system have to be flexible concerning such shape deviations or occlusions. The goods within the packaging scenarios could have a regular structure or are placed randomly inside the container. Additionally, the computer vision system must fulfill processing time requirements in an automatic unloading step. In comparison, the Parcel Robot has a cycle time of about 0.125 s from scanning and recognition to the final gripping process [7]. The cycle time is a major technical requirement in order to improve unloading processes. Therefore, the object recognition step should be performed in roughly real-time. This can be realized by application of efficient algorithms and using programmable hardware like Graphical Programming Units (GPU).

Within the computer vision system different aspects must be implemented in order to recognize goods in 3D sensor data. Figure 2 shows a use case diagram in the Unified Modeling Language UML to visualize the different components of the computer vision system.

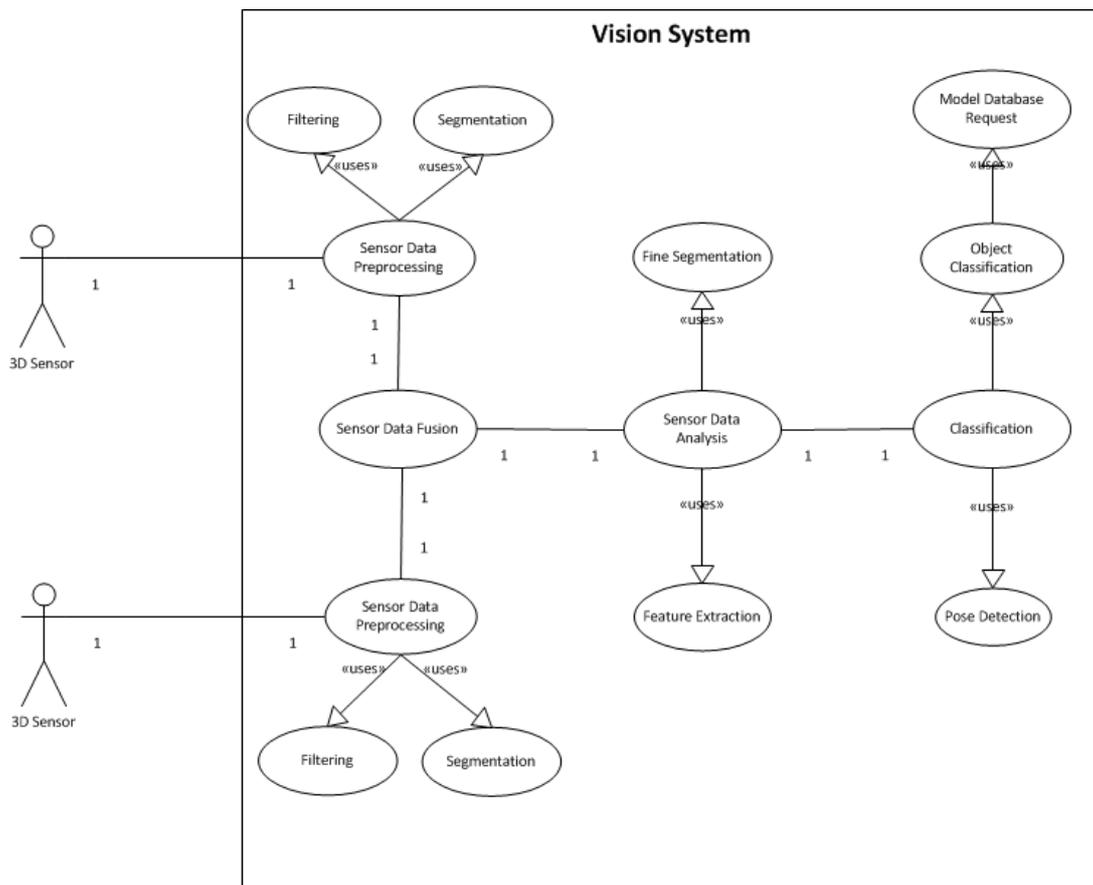


Fig. 2 Use case diagram for the computer vision system

The actors triggering the object recognition process are two 3D sensors. In this case laser scanners are used for image acquisition. Using two sensors results in more dense 3D information about the packaging scenario, because each sensor scans the scenario from a different viewpoint. In order to recognize objects in the data, several single processing steps have to be implemented.

Firstly, a preprocessing step for reducing measurement noise or other negative effects must be executed. Therefore, suitable filter algorithms are applied to the sensor data. Additionally, a first segmentation is performed, in order to segment the region of interest from background parts. These two steps are realized for each sensor data separately. In order to combine the data to a single coordinate system, a sensor data fusion module is implemented in the second step. In this context, the data is aligned to a common coordinate system, by using geometric correspondences and image registration techniques. Then, the data is analyzed in order to identify regions that possibly contain single logistics objects. Therefore, a fine segmentation algorithm is implemented that segments the 3D sensor data in different regions. These regions are analyzed by feature extraction algorithms in order to identify characteristics that can be used for to conclude a specific shape class. This is realized in a classification step. Due to the identified characteristics the regions are assigned to a specific shape class by comparing to a model database. Additionally, the pose (position and orientation) of the good within the packaging scenario is determined.

#### 4. CONCEPT FOR A MODEL-BASED VISION SYSTEM

The proposed computer vision system works model-based. Therefore, geometric models of the predefined shape classes are developed. Figure 3 shows geometric models of all classes. They are modeled by triangles that form the characteristic shape of the object. The models can be changed in height, width and length. Additionally, they can be deformed in every position. This is realized by using Bézier-Surfaces [8]. In doing so, damages or different type of the shape classes can be modeled.

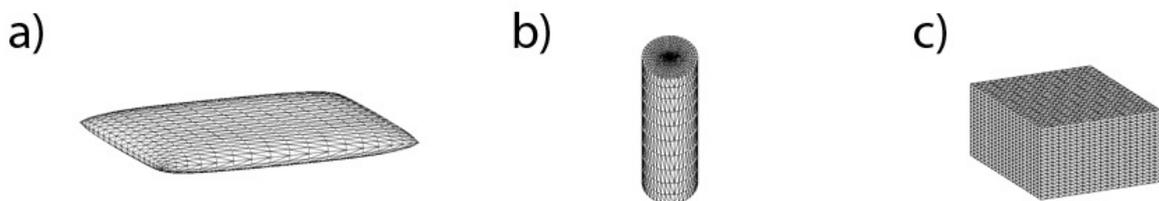


Fig. 3 a) Sack Model b) Cylindrical Model c) Cubical Model

In order to generate a model database, simulated sensor images of different types of the geometric models are used. The simulation of sensor images is realized by using a self-developed simulation platform [9]. The point cloud and

the range image are simulated by applying computer graphics algorithms like ray tracing and hidden surface removal techniques. Figure 4 shows an example from a complete packaging scenario and the resulting point cloud and range image.

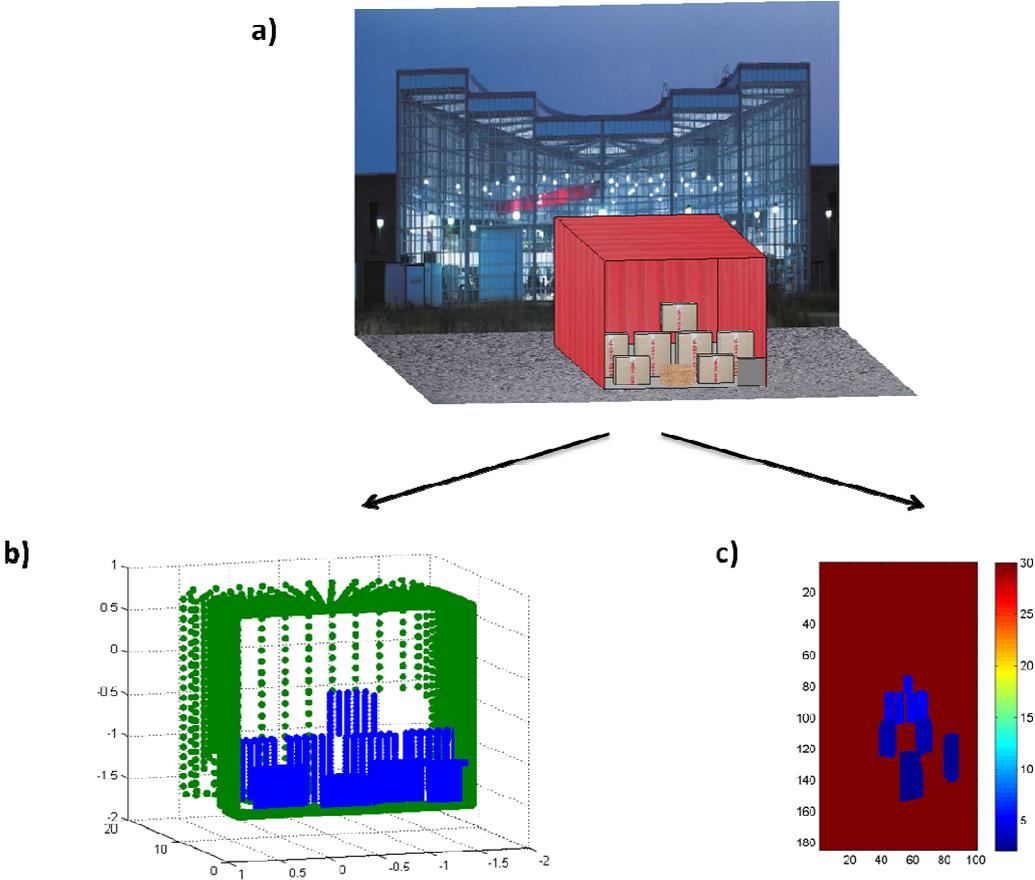


Fig. 4 a) Virtual Packaging Scenario b) Simulated point cloud c) Simulated Range Image of the Goods

The model database is created by modeling different instances from different views. The point cloud and range image representation of each partial view is stored in the database. Following, the real segmented sensor data is matched against all entries in the model database. In order to improve processing time, the segmented regions are pre-classified according to their extracted features. Therefore, the time extensive process of matching models to sensor data reduces. Additionally, this will be implemented on the GPU in order to fulfill real-time requirements. Due to the comparison with the model database, the region is classified and the pose is determined.

**5. SUMMARY & OUTLOOK**

Unloading of standard containers offers a great potential for automation of logistics processes, in order to improve supply chains and to reduce transport costs. Existing systems like the Parcel Robot show the general feasibility of

unloading a container with cubical packages completely autonomous. Extending the system to handle universal logistics goods needs suitable gripping systems and a computer vision system that is able to recognize single logistics goods inside unstructured packaging scenarios. This paper introduces a concept of a computer vision system for recognizing and localizing universal logistics goods inside standard containers. Therefore, requirements are identified and described as use cases. The proposed concept works model-based by defining different shape classes of logistics goods and modeling of each class as geometric model. The database contains simulated sensor images of the geometric models by applying techniques from computer graphics.

Further research focuses on implementing the system. The model database is implemented and filled with simulated sensor data from different partial views. The next steps concentrate on implementing suitable preprocessing and analysis algorithms. Additionally, a sensor data fusion module must be implemented for acquiring a complete 3D representation of the packaging scenario. Finally, the object recognition system will be implemented on the GPU.

## 6. ACKNOWLEDGEMENT

The authors gratefully acknowledge the financial support by DFG (German Research Foundation) for the EMOSES project.

## 7. REFERENCES

1. Burwinkel, M., Echelmeyer, W., Wellbrock, E. (2009) Development of robotic systems for seaports by means of modular approaches. Proceedings of the International Conference on Robotics and Applications, Cambridge (Massachusetts, USA).
2. Kirchheim, A., Burwinkel, M., Echelmeyer, W. (2008) Automatic Unloading Heavy Sacks from Containers. IEEE International Conference on Automation and Logistics, Qingdao (China), pp. 946-951.
3. Uriarte, C., Burwinkel, M., Gorltd, C. (2010) Trends der Objekterkennung von Robotiksystemen in Logistikfabriken. 15. Magdeburger Logistiktagung – Effiziente Infrastrukten, Magdeburg (Germany).
4. Akbiyik, H., Kirchheim, A., Echelmeyer, W. (2009) Latest Trends in the Container Market. Bremer Value Report, Vol. 3. Bremen (Germany).
5. DHL Innovation Center. DHL discover logistics. [www.dhl-discoverlogistics.com/cms/de/technologies/reinforcement.jsp](http://www.dhl-discoverlogistics.com/cms/de/technologies/reinforcement.jsp). Last Call: 01.11.2011.
6. Kirchheim, A. (2011) Verfahren zur Erkennung von sackförmigen Stückgütern für die automatische Entladung in logistischen Prozessen. Dissertation Universität Bremen.
7. Scholz-Reiter, B., Echelmeyer, W., Wellbrock, E. (2008) Development of a Robot-Based System for Automated Unloading of Variable Packages out of Transport Units and Containers. IEEE International Conference on Automation and Logistics, Qingdao (China), pp. 2766-2770.
8. Salomon, D. (2006) Curves and Surfaces for Computer Graphics. Springer Science+Business Media, Inc.
9. Scholz-Reiter B., Thamer, H. (2011) Using Simulated Sensor Images for Object Recognition of Universal Goods for Automatic Unloading of Containers. 13<sup>th</sup> International Conference on Harbor, Maritime & Multimodal Logistics Modeling and Simulation. Rom (Italy). pp. 105-111.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ НАДЕЖНОСТЬЮ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.М. Курганов<sup>1</sup>, М.В. Грязнов<sup>2</sup>

*1 - Тверской государственный университет, Тверь, Россия*

*2 - Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.  
Носова, Магнитогорск, Россия  
glavred@tvcom.ru*

Предложено в качестве моделей для анализа надежности транспортно-логистических систем использовать научные, методические и практические результаты, а также соответствующие стандарты, в таких областях, как надежность технических объектов, менеджмент качества, менеджмент риска, менеджмент безопасности цепей поставок. Сформулировано определение надежности транспортно-логистической системы и предложен оценочный показатель, который может применяться в практических целях.

## MODELING IN THE MANAGEMENT OF TRANSPORT AND LOGISTICAL SYSTEMS RELIABILITY

Valery Kurganov<sup>1</sup>, Mikhail Gryaznov<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Tver State University, Russia*

*<sup>2</sup>Magnitogorsk State University named after of G.I. Nosov, Russia  
E-mail: glavred@tvcom.ru; gm-autolab@mail.ru*

It is proposed as a model for the analysis of transport and logistical systems to use scientific, methodical and practical results. Also properly standards in such areas as technical objects reliability, quality management, risk management, management of supply chain security. The definition of transport and logistical system was formulated and offered the estimated figure which can be used in scientific and practical purposes.

### ВВЕДЕНИЕ

Гарантия соблюдения согласованных параметров транспортного процесса в современных условиях становится все более важной для грузовладельцев, и поэтому надежность все чаще становится предметом обсуждения при заключении договоров на перевозку товаров.

Основной экономической смысл обеспечения надежности доставки груза состоит в том, чтобы исключить или хотя бы минимизировать потери участников транспортировки груза: грузоотправителей, грузополучателей и перевозчиков. Для заказчиков услуг высокая надежность доставки означает, что ее согласованные параметры будут выполнены и при

перевозке не возникнет никаких непредусмотренных потерь, например, в связи с повреждением груза при перевозке или опозданием транспортного средства в заданную точку маршрута. При этом надежность транспортировки сама по себе не приводит к увеличению объемов перевозимых грузов и к снижению платы за транспортные услуги.

Несмотря на внимание к данной проблеме всех участников перевозки грузов, пока еще нет общепринятой формулировки, которая бы исчерпывающим образом определяла, что такое надежность транспортного процесса. Еще не отработаны способы оценки надежности перевозок и методы управления надежностью транспортировки.

## **ЦЕЛЬ**

Теория надежности транспортного процесса в настоящее время только складывается. Поэтому целью настоящей статьи является изучение проблематики этой области и разработка инструментария оценки надежности для применения в научных и практических целях.

В качестве одной из гипотез, которая может быть полезной для достижения цели, можно принять следующее. Надежность, как и другие компоненты качества транспортного процесса, обеспечивается не контролем доставки груза, как таковым. Необходимо управление надежностью на всех стадиях перевозки, включая и подготовительные этапы. Однако для принятия мер управленческого характера следует, во-первых, однозначно определить, что собой представляет надежность транспортировки грузов, и, во-вторых, какие показатели могут считаться информативными для оценки уровня надежности.

## **МЕТОД**

Один из методов достижения поставленной цели – это метод моделирования, заключающийся в том, что в качестве аналоговых моделей для исследования надежности в области транспортного обеспечения логистики привлекаются научные, методические и практические результаты, а также соответствующие стандарты, в смежных областях.

В российской и международной практике детально проработаны вопросы надежности в технике. Близкими к понятию надежности являются понятия «качество», «риск», «безопасность».

Поэтому целесообразно в качестве моделей для определения понятий, разработки терминологии и расчета показателей надежности транспортного процесса и транспортно-логистических систем использовать стандарты и другие разработки в следующих областях:

- надежность технических объектов;
- надежность технологических систем;
- менеджмент качества;
- менеджмент риска;

- менеджмент безопасности цепей поставок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Надежность является одной из характеристик, используемых при анализе качества. Это следует из того, что ГОСТ Р ИСО 9000-2008. «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» [3] дает следующие определения.

Качество (quality) – это степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям. При этом характеристика качества (quality characteristic) может быть присущей продукции, процессу или системе. Данным ГОСТ в числе других характеристик надежность определяется следующим образом: надежность (dependability) – это собирательный термин, применяемый для описания свойства готовности и влияющих на него свойств безотказности, ремонтпригодности и обеспеченности технического обслуживания и ремонта.

Результатом процесса является продукция. Выделяется четыре общие категории продукции, в том числе такая категория, как услуги (например, перевозки). К отличительным признакам услуги относится то, что она, во-первых, является результатом, по меньшей мере, одного действия, обязательно осуществленного при взаимодействии поставщика услуги и ее потребителя, и, во-вторых, услуга, как правило, нематериальна.

Использование ГОСТ Р ИСО 9000-2008 в качестве модели для определения надежности в сфере доставки грузов приводит к следующим выводам:

- надежность является одной из характеристик качества;
- надежность, как и другие характеристики качества, может быть присущей продукции (в том числе, перевозкам), процессу (в том числе, транспортному или перевозочному) или системе (в том числе, например, логистической и транспортной);
- одним из ключевых свойств надежности является безотказность.

Популярен во многих областях процессный подход, основные принципы которого регламентированы уже упомянутым ГОСТ Р ИСО 9000-2008. «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» [3]. Имеются примеры его применения для исследования надежности цепей поставок [7], что показывает продуктивность использования системы менеджмента качества в качестве модели для разработки вопросов надежности логистических систем. Дальнейшая детализация процессного подхода должна проявиться уже при определении надежности транспортного процесса.

ГОСТ 51901-2002 Управление надежностью Анализ риска технологических систем (гармонизирован с международным стандартом ИЕК 60300-3-9:1995 «Dependability Management — Part 3: Application guide — section 9: Risk analysis of technological systems») термин «риск»

определяется, как сочетание (соотношение) вероятности события и его последствий [1]. Данный термин обычно используют только тогда, когда существует возможность негативных последствий.

Безопасность, как ее определяет ГОСТ 51898-2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты (Подготовлен с учетом ИСО/МЭК 51:1999. «Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты») – это отсутствие недопустимого риска, то есть ее достигают путем снижения риска до допустимого. Допустимый риск представляет собой оптимальный баланс между безопасностью и требованиями, которым должны удовлетворять продукция, процесс или услуга, а также такими факторами, как выгодность для пользователя, эффективность затрат, обычаи и пр. [6].

Вместе с тем, есть особенность определения термина «безопасность» в международных стандартах, которые регламентируют вопросы безопасности цепей поставок. Согласно им, «безопасность (security): Сопротивление преднамеренному акту незаконного вмешательства, рассчитанному на нанесение вреда или ущерба цепи поставок или посредством цепи поставок» [4, 5]. Однако в определении менеджмента безопасности составители стандарта ISO 28000:2005 обратились к понятию риска: «менеджмент безопасности (security management): Систематизированные и скоординированные действия и методы, с помощью которых организация оптимально управляет своими рисками и связанными с ними потенциальными угрозами и воздействиями» [4].

Понятие надежности стало использоваться в науке и практике раньше, чем понятия риска и безопасности. Есть некоторые разночтения в определении надежности в российских и международных стандартах. Не вдаваясь в анализ этих разночтений, уместно привести определение более общего характера, которое дает российский ГОСТ Р 51901.3-2007. «Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности», модифицированный по отношению к международному стандарту ИЕК 60300-2:2004: «Надежность (dependability): свойства готовности и влияющие на нее свойства безотказности, ремонтпригодности и обеспеченности техническим обслуживанием и ремонтом». При этом термин готовности применяют только для описания общего неколичественного свойства готовности [2].

Таким образом, анализ имеющихся стандартов позволил упорядочить взаимосвязь между понятиями «риск», «безопасность» и «надежность». Риск – это более общее понятие. Если под риском понимать возможность негативных явлений (вероятность нанесения ущерба) в процессе функционирования системы, то управление рисками может быть направлено как на обеспечение безопасности, так и на обеспечение надежности. При этом возможна ситуация, когда функционирование системы не будет отвечать критериям надежности из-за того, что не обеспечиваются заданные параметры функционирования, но будет

безопасной, поскольку не будет представлять угрозы здоровью людей, а вред имуществу или окружающей среде будет находиться в допустимых пределах.

В технике надежность включает в себя, в числе других свойств, безотказность [2, 3]. Надежность считается удовлетворительной, если отказы не превышают заданного уровня. Используя стандарты по надежности технических объектов в качестве моделей для определения надежности транспортно-логистической системы, можно принять, что если «отказов» в выполнении транспортной услуги нет, то надежность находится на максимально возможном уровне. То есть надежность транспортного процесса можно понимать, как способность транспортно-логистической системы гарантировать количество «отказов» на согласованном между заказчиком и исполнителем уровне.

Под надежностью транспортного процесса следует понимать комплексное свойство, включающее способность транспортной системы выполнять согласованные между заказчиком и исполнителем транспортной услуги требования по количеству и состоянию перевозимого груза, соблюдению графика транспортного процесса и способность транспортной системы к поддержанию и восстановлению заданного уровня транспортного обслуживания.

Используя в исследовании надежности транспортно-логистических систем понятие отказа, важно в этом контексте определить, а что же такое «отказ». В технике – это поломка, потеря работоспособности, или событие, после наступления которого рабочие параметры агрегата или машины выходят за допустимые пределы. Попытаемся, используя такую трактовку отказа технических объектов, дать определение отказа транспортного процесса.

Отказ применительно к транспортной системе, осуществляющей доставку грузов, можно определить как невыполнение согласованных с заказчиком требований по количеству и/или состоянию перевозимого груза и/или нарушению временных параметров выполнения заказа (заявки) на транспортировку.

Оценку надежности транспортного процесса предлагается основывать на критерии, рассчитываемым, как соотношение числа выполненных заявок исполнителем без нарушений требований заказчика, к общему числу заявок на транспортный процесс, принятых к исполнению за рассматриваемый период. Этот показатель по своей сути аналогичен вероятности безотказной работы (вероятности того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет), используемой при оценке надежности в технике. Данный показатель может быть плановым (апостериорная вероятность) и фактическим (априорная вероятность):

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = 1 - \frac{n(t)}{N_0}$$

где

$N_0$  — количество выполненных заявок на перевозки за время  $t$ ;

$n(t)$  — количество заявок за время  $t$ , выполненных с отклонениями от согласованных требований по количеству и/или состоянию перевозимого груза и/или нарушению временных параметров.

При оценке надежности транспортных систем необходимо также учитывать способность транспортной системы к устранению возникших «отказов» или, говоря другими словами, поддержанию и восстановлению заданного уровня сервиса. Этот показатель предлагается использовать по аналогии с ремонтпригодностью агрегатов и машин, что является одним из результатов использования в качестве модели стандартов по надежности в технике.

В недостаточной надежности транспортировки не всегда виноват только перевозчик (исполнитель транспортной услуги). Причины могут заключаться и в нарушениях со стороны грузоотправителя или грузополучателя (например, превышение простоев или повреждение груза при погрузочно-разгрузочных работах), а также по причине форс-мажорных обстоятельств (например, дорожно-климатических условиях, делающих невозможной доставку груза по заданному маршруту).

## **НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ**

Применение для исследования понятий, разработки терминологии и расчета показателей надежности транспортно-логистических систем в качестве моделей имеющиеся стандарты в смежных областях, позволило сформулировать определения надежности и отказа, которые имеют научную новизну и могут использоваться в практических целях.

Исходными данными для оценки надежности служат нарушения установленных договорными отношениями параметров заявки на транспортный процесс. Впервые предложенные определения надежности и отказа дают возможность количественной оценки надежности транспортного процесса.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. ИЕК 60300-3-9:1995 «Dependability Management — Part 3: Application guide — section 9: Risk analysis of technological systems» (использован для гармонизации ГОСТ 51901-2002 Управление надежностью Анализ риска технологических систем).
2. ИЕК 60300-2:2004 Dependability management. Part 2. Guidelines for dependability management (использован для модификации ГОСТ Р 51901.3-2007. Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности).
3. ISO 9000:2005. «Quality management systems - Fundamentals and vocabulary» (ГОСТ Р ИСО 9000-2008. «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»)

4. ISO 28000:2005. Specification for security management system for the supply chain (ГОСТ Р 53663-2009 (ИСО 28000:2005). Система менеджмента безопасности цепи поставок. Требования).
5. ISO 28004:2006. Security management systems for the supply chain - Guidelines for the implementation of ISO/PAS 28000 (ГОСТ Р 53661-2009 (ИСО 28004:2006). Система менеджмента безопасности цепи поставок. Руководство по внедрению).
6. ГОСТ 51898-2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты (Подготовлен с учетом ИСО/МЭК 51:1999. «Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты»).
7. Зайцев Е.И. Проблема надежности в процессной модели цепи поставок. Логистика и управление цепями поставок: современные тенденции в России и Германии. Сборник статей российско-немецкой конференции по логистике DR-LOG 2008, 22-23 мая 2008 г., г. Москва – СПб.: Изд-во политехн. ун-та. 2008. С. 266 – 271.

# EMISSIONS MINIMIZATION VEHICLE ROUTING PROBLEM: APPROACH SUBJECTED TO THE WEIGHT OF VEHICLES

**H.K. Kopfer**

*Universität Siegen  
heiko.kopfer@uni-siegen.de*

## **Abstract**

This contribution presents and analyzes some approaches from literature which introduce green formulations for the Vehicle Routing Problem (VRP). Then, a specific objective function referring to sustainability aspects within vehicle routing is proposed. It is assumed that the amount of CO<sub>2</sub> emissions depends on the distances to be travelled and on the degree to which the used vehicles are loaded. The goal of minimizing the total distance is contrasted with the goal of minimizing the amount of CO<sub>2</sub> emissions produced by serving the customers. This work includes a mathematical formulation of the problem and a small instance that illustrates the problem. CPLEX is used for solving and to generate routes which are optimal with respect to the objective functions of the above VRP approaches.

## **1. INTRODUCTION**

Despite the growing official pressure to reduce green house gas emissions, there has only been limited research which seeks to reduce emissions as the primary objective of vehicle routing. An example in literature for green transportation planning on the operational level is given by [3]. In this approach the fuel consumption of a transportation plan depends on the flow of transported quantities. But fuel consumption and consequently CO<sub>2</sub> emission are a function of the actual weight of the used vehicles [2, 5] including the dead weight of the trucks.

The approach introduced in this paper presents a new green version of the traditional VRP [1] which minimizes CO<sub>2</sub> emissions on the basis of realistic values for the fuel consumption of modern trucks. The implementation of this objective function leads to a model for an ecological VRP which is called EVRP throughout this paper. The EVRP is extended by considering CO<sub>2</sub> emissions for different types of trucks and the specific fuel consumption in dependence of the amount of the load on these trucks. The extended problem is called the Emission Minimizing Vehicle Routing Problem with Vehicle Categories (EVRP-VC). The objective function of this model is specified by a specific fuel consumption function for each vehicle category. This work presents a mathematical formulation of the problem, a small example and some computational experiments.

The remainder of this paper is organized as follows: Section 2 describes the goals and restrictions of the presented approach for ecological transportation planning. Section 3 formally introduces a mathematical formulation for the EVRP-VC. Section 4 illustrates the problem using a small problem instance. Finally, Section 5 summarizes this work and proposes future avenues of research.

## 2. ECOLOGICAL OBJECTIVES AND THE OPERATIONAL ENVIRONMENT IN TRANSPORTATION PLANNING

There are only few approaches for resource-efficient vehicle routing and scheduling in literature. Resource-efficient planning mostly aims at minimizing the emitted carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) by considering e.g. the average speed [2], topology [4] and vehicle categories [5] as well as the payload [3] and utilization rates [4, 5].

The model presented in this paper is an extension of the approach of [3] with respect to both, the introduction of various vehicle categories and the consideration of the actual weights of the vehicles during the entire course of the route. To the best of the knowledge of the author, there is no model presented in literature which considers and investigates these two extensions.

The various vehicle categories proposed in this paper are defined in accordance with the current regulations in the EC. The relevant regulations refer to license categories, acceptance tests, toll charges and other laws. The suggested categories represent a sensible graduation in compliance with the traffic laws. This has also motivated the manufacturers to establish these vehicle categories (Table 1). The proposed vehicle categories differ with respect to the specific fuel consumption and thus CO<sub>2</sub> emissions.

Table 1: Classification of Vehicle Categories

Vehicle Category $VC_{Q_k}$ [-]	Gross Weight $GVW$ [to]	Vehicle Load Capacity $Q_k$ [to]	Fuel Consumption $F_K$ [l/100km]
$VC_{40}$ 	40	25	$26 + (0,36/to) \cdot q$
$VC_{12}$ 	12	5,5	$20 + (0,76/to) \cdot q$
$VC_{7,5}$ 	7,5	3,25	$15 + (1,54/to) \cdot q$
$VC_{3,5}$ 	3,5	1,5	$8 + (3,31/to) \cdot q$

### 3. MODEL FORMULATION

The mathematical formulation for the model presented below is built by extending traditional VRP-formulation.

Indices:

$i, j$  Locations:  $i, j \in I$  where 0 represents the depot,  $I = \{0, 1, \dots, n\}$ .

$k$  Vehicles:  $k \in K$  where  $k$  describes the vehicle parameters,  $K = \{1, \dots, m\}$ .

Parameters:

$d_{ij}$  Distance between locations  $i$  and  $j$ .

$q_j$  Customer of customer  $j$  for  $j = 1, \dots, n$ .

Constants:

$a_k$  Fuel consumption of the empty vehicle  $k$  per kilometer.

$b_k$  Fuel consumption for the load of vehicle  $k$  per ton and kilometer.

$Q_k$  Maximum load capacity of the vehicle  $k$ .

Variable:

$q_{ijk}$  Cargo of vehicle  $k$  traveling between locations  $i$  and  $j$ .

$x_{ijk}$  1 if the vehicle  $k$  serves location  $j$  immediately after serving location  $i$ ,  
0 otherwise.

$y_{jk}$  1 if location  $j$  is served by vehicle  $k$ ,  
0 otherwise.

$u_i$  Arbitrary real variable.

Objective Function:

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m d_{ij} \cdot [a_k \cdot x_{ijk} + b_k \cdot q_{ijk}] \quad (\text{Eq. 1})$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^n q_j \cdot y_{jk} \leq Q_k \quad \forall k \in K \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\sum_{k=1}^m y_{jk} = 1 \quad \forall j \in I \setminus \{0\} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ijk} = \sum_{i=0}^n x_{jik} \quad \forall k \in K; j \in I \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ijk} = y_{jk} \quad \forall k \in K; j \in I \quad (\text{Eq. 5})$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0jk} \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (\text{Eq. 6})$$

$$q_{ijk} - Q_k \cdot x_{ijk} \leq 0 \quad \forall k \in K; i \in I; j \in I \quad (\text{Eq. 7})$$

$$u_i - u_j + n \sum_{k=1}^m x_{ijk} \leq n - 1 \quad \forall i \in I; j \in I \setminus \{0\} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$q_{ijk} \geq 0 \quad \forall k \in K; i \in I; j \in I \quad (\text{Eq. 9})$$

$$\sum_{i=0}^n q_{ijk} - \sum_{i=1}^n q_{jik} = q_j \cdot y_{jk} \quad \forall k \in K; j \in I, \setminus \{0\} \quad (\text{Eq. 10})$$

$$u_i \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (\text{Eq. 11})$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad (\text{Eq. 12})$$

$$y_{jk} \in \{0, 1\} \quad (\text{Eq. 13})$$

Objective function (1) minimizes fuel consumption. Constraint sets (2), (3), (4), (5), (6), (8) are the usual restrictions of the VRP. Constraint set (7) ensures that the vehicle weight is in correspondence with the tour-order. Constraints (9) require a positive value for each flow. Constraint set (10) guarantees flow conservation. Constraint sets (11), (12) and (13) restrict decision variables.

#### 4. COMPUTATIONAL RESULTS

The computational experiments intend to compare the VRP, the EVRP and the EVRP-VC. Using the simple VRP for our investigations on ecological model extensions has the advantage that the analysis and comparison of the models can show the pure effects of the ecologically modified objective function and the net effect of introducing truck categories. Additionally, this has the benefit that CPLEX can be used on a standard laptop for solving problem instances up to a size of 10 customers, four truck categories and eight trucks within a few seconds. In this short paper, the comparison of the VRP, the EVRP and the EVRP-VC is illustrated using a small problem instance. The computational results shown in this paper also refer to this problem instance. The instance considers a set of vehicles out of the categories of Table 1. Furthermore, it consists of one depot at location [0] and 7 customer locations [1,...,7]. Table 2 shows the distance between each pair of locations. The customer demands are 0.5 ton for customer 1, 1 ton for customer 2, 2 tons for customer 3, 4 tons for customer 4, 3.5 tons for customer 5, 8 tons for customer 6 and 4 tons for customer 7.

Table 2: Distance matrix D (one depot [0] and seven customers [1,...,7]); distance  $d_{ij}$  in [km]

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>0</b>	0	85	31	73	50	77	47	92
<b>1</b>	85	0	60	151	59	161	122	78
<b>2</b>	31	60	0	97	30	109	66	75
<b>3</b>	73	151	97	0	123	34	86	160
<b>4</b>	50	59	30	123	0	85	63	53
<b>5</b>	77	161	109	34	85	0	123	191
<b>6</b>	47	122	66	86	63	123	0	70
<b>7</b>	92	78	75	160	53	191	70	0

In contrast to the EVRP, the VRP tends to use the biggest trucks available since this gives the chance to bundle as much as possible while not increasing the value of the objective function. That is why, in our example, the comparison of VRP and EVRP for the above problem instance is drawn by using only one vehicle of category  $VC_{40}$ . The results of the comparison are shown in Table 3. The optimal routes of the VRP and EVRP differ. Compared with the VRP, the EVRP reduces the fuel consumption by 1.5 % and increases the traveled distance by 1.9 %. The optimal solution of the EVRP-VC shows that using trucks of different categories will reduce the amount of CO<sub>2</sub> emission by 13 % compared to the EVRP and by 14.5 % compared to the VRP. Of course, the lengths of the routes for the EVRP-CV are increasing, namely by 3.25 % and 1.2

% for the VRP and EVRP respectively. It is important to admit that the number of used vehicles by the EVRP-VC is increasing drastically. But, on the other hand, we have to take into account that the regulations for smaller vehicles are much more lax to many respects.

Table 3: Solutions for the different models

	<b>VRP</b>	<b>EVRP</b>	<b>EVRP-VC</b>
Route			
Vehicle 1	{0-5-3-6-7-1-4-2-0}	{0-6-3-5-4-7-1-2-0}	{0-2-1-0}
Vehicle 2	-	-	-
Vehicle 3	-	-	{0-5-3-0}
Vehicle 4	-	-	{0-6-7-4-0}
Fuel Consumption [l]	140,18	137,96	119,83
Total sum of traveled distances [km]	465	474	580

## 5. COMPUTATIONAL RESULTS

First experiments on a small series of examples show that the results for model comparison as documented in Table 3 seem to typical. But it is necessary to intensify the analysis of the effects of CO<sub>2</sub> minimization and to contrast it to the usual distance minimization approach. In a first step this intensification will be done using CPLEX for solving a sensibly configured large set of small-sized problem instances. After that different scenarios represented by typical medium-sized and large-sized problem instances will be analyzed. For this investigation the development and application of a heuristic approach is required. Additionally, the effects of time windows will be analyzed and finally, in future research, conclusions for the configuration of CO<sub>2</sub>-friendly vehicle fleets can be derived.

## 6 REFERENCES

1. Dantzig, G.B., Ramser, R.H. (1959) The truck dispatching problem. In: *Management Science*, Vol. 6, pp. 80-91.
2. Figliozzi, M.: Emissions Minimization Vehicle Routing Problem. 89th Annual Meeting of the transportation Research Board, January 10-14 2010.
3. Jaramillo, J. R. The Green Single Vehicle Routing Problem. SE InfORMS Annual Meeting, Myrtle Beach, SC, October 2010.
4. Scott, C.; Urquhart, N.; Hart, E. Influence of Topology and Payload on CO<sub>2</sub> Optimised Vehicle Routing. In: Chio, C. (Ed.) *Applications of Evolutionary Computation*. Springer Berlin 2010.
5. Ubeda, S., Arcelus, F.J., Faulin, J. (2010) Green Logistics at Eroski: A case study. In: *International Journal of Production Economics*, Vol. 131, Issue 1, pp. 1-8

# ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМ АВТОТРАНСПОРТНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

С.Ю. Нестеров

*Воронежская государственная лесотехническая академия  
snesterov@loisticcom.ru*

В статье описано содержание системы управления автотранспортным логистическим предприятием. При этом под управлением АТЛП автор понимает централизованное воздействие его руководства на коллектив людей с целью организации и координации их деятельности в процессе оказания аутсорсинговых автотранспортных и консалтинговых услуг. В процессе описания системы управления выделены его объекты и субъекты, отношения возникающие между ними в процессе функционирования и управления организацией, и разработана общая схема управления АТЛП и схема управления процессами. Все это позволяет проследить взаимосвязи между компонентами системы управления и построить эффективную систему управления.

## SPECIAL FEATURES OF MANAGING A MODERN AUTOMOBILE TRANSPORTATION COMPANY

**Sergei Nesterov**

*Voronezh State Forest Academy  
E-Mail: snesterov@loisticcom.ru*

This article describes the contents of the system of managing an automobile transportation company (ATC). By management of ATC we mean centralized influence of the company's management on its staff to organize and coordinate their activities while rendering outsourcing automobile transportation and consulting services. The description of the management system includes its objects and subjects, relationships among them during operation and management of the company. A general scheme of managing ATC and a process management scheme have been developed. This allows identifying the relations among the elements of the management system and making an efficient management system.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Транспорт в экономике страны, так и в функционировании предприятия играет весьма важную роль, тем более когда речь идет о современной форме АТП, которую можно определить как автотранспортное логистическое предприятие (АТЛП– коммерческая организация, оказывающая услуги в сфере автотранспортной логистики, участвующая

своим капиталом в движении груза по звеньям цепочки поставок). Для эффективной работы такого предприятия необходимо иметь хорошую организованную систему управления. Управление непрерывно сопровождает деятельность человека, и практически каждый вид деятельности нуждается в управлении. Благодаря управлению оказывается возможной сама деятельность. Чем лучше осуществляется управление, тем выше вероятность успеха.

## **УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТОМ КАК ПОНЯТИЕ**

В теоретической литературе имеются различные подходы к определению управления транспортом. Так под ним может пониматься планирование, управление и контроль внешних и внутренних перевозок грузов, подготовка и обмен информацией, необходимой для организации перевозки грузов[9]. Однако, в данном определении речь идет только о перевозках грузов, в то время как такие аспекты, как управление перевозками пассажиров остаются без внимания.

О.Г. Остапец указывает, что с помощью управления транспортом достигается координация совместной деятельности, как транспортных организаций, так и их служащих, обеспечивающих выполнение поставленных целей упорядочения отношений между субъектом и объектом управления, связей между ними. Также он отмечает, что управление транспортом имеет своей задачей своевременно и качественно обеспечить дальнейшее развитие и совершенствование транспорта страны, связанного с жизнедеятельностью всех отраслей экономики, и на этой основе содействовать более полному удовлетворению материальных и культурных потребностей общества [5].

А.В. Сергеев и Н.А. Сергеева[6] отмечают, что управление транспортом - это, прежде всего, эффективное использование таких основных эксплуатационных параметров, как провозная и пропускная способности транспортного предприятия (пароходства).

Необходимо рассматривать понятие управления транспортом на различных уровнях восприятия:

1) на микроуровне к управлению транспортом целесообразно отнести:

- управление непосредственно транспортными средствами (отдельными автомобилями, самолетами, поездами и др.)
- системы управления транспортом на уровне отдельного предприятия;

2) на мезоуровне под управлением транспортом может пониматься:

- управление отдельными транспортными узлами и терминалами, координирующими работу совокупностей транспортных предприятий (вокзалы, порты и др.);
- обслуживание работы отдельных транспортных сетей и развязок (каналов, трубопроводов, водных путей и др.);

3) на макроуровне к управлению относится:

- управление транспортом как отраслью народного хозяйства/экономики страны (инвестирование в отрасль, развитие отрасли, поддержание стандартов безопасности и др.); управление транспортной инфраструктурой [1].

Таким образом, в зависимости от масштаба рассмотрения, управление приобретает свои специфические черты. Наиболее сложным направлением является макроуровень, однако, без эффективного управления на микроуровне нельзя говорить о возможности построения правильно функционирующей макросистемы.

Внутри отдельных направлений управления можно выделить свою специфику в зависимости от вида транспорта и иных подходов к его классификации. Так в зависимости от способа перевозки грузов и типа подвижного состава выделяют автомобильный, железнодорожный, трубопроводный, водный (речной, морской) и воздушный транспорт. Использование того или иного вида транспорта зависит от ряда факторов, в т.ч. от состава и характера перевозимого груза, его физического объема, расстояния перевозки, способности транспортного средства доставить груз в определенную точку, совокупных затрат, времени доставки и т.п. [3]

## ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ АТЛП

В рамках статьи предметом исследования является управление транспортом на предприятии, занимающихся грузовыми автотранспортными перевозками. Под управлением АТЛП будем понимать централизованное воздействие его руководства на коллектив людей с целью организации и координации их деятельности в процессе оказания аутсорсинговых автотранспортных и консалтинговых услуг.

Таблица 1. – Признаки управления

Признак	Описание
Целостность	Целостный характер систем и их единство, без которых невозможно управление
Наличие причинно-следственных связей	Взаимосвязи «причина-следствие» между элементами управляющей и управляемой систем
Обратная связь	Управление возможно только в том случае, если управляющая и управляемая системы взаимно реагируют на возникающие изменения
Динамичность	Способность системы претерпевать изменения, переходить из одного качественного состояния в другое, оставаясь системой
Наличие управляющего параметра	Воздействуя на данный параметр, можно изменить состояние управляемой системы или течение происходящих в ней процессов

Управление является взаимоотношением его управляемой (объект управления) и управляющей (субъект управления) подсистем, направленным на удовлетворение потребностей клиентов в сфере организации перевозок грузов автомобильным транспортом и предоставления дополнительных услуг на качественно высоком уровне. Объектом управления (ОУ) АТЛП, с одной стороны, является персонал, непосредственно осуществляющий оказание аутсорсинговых

логистических услуг в сфере грузовых автоперевозок, с другой – процессы, которые они осуществляют по оказанию данных услуг. Субъектом управления (СУ) выступает административно-управленческий персонал, который посредством взаимосвязанных методов управления обеспечивает эффективную деятельность ОУ.

СУ и ОУ взаимосвязаны между собой каналами передачи информации. Эту связь осуществляют менеджеры, которые принимают решения, используя информацию, поступающую из внешней среды и в результате выполнения всей совокупности процессов.

В рамках системы управления АТЛП, между ее управляющей и управляемой подсистемами существуют самые разнообразные связи. Через эти связи осуществляется действие механизма управления, под которым понимается совокупность средств и методов воздействия на управляемый объект в целях его активизации, а также мотивов поведения персонала как его важнейшего элемента (интересов, ценностей, установок, устремлений). Механизм управления должен соответствовать целям и задачам объекта, реальным условиям его функционирования, предусматривать надежные, сбалансированные друг с другом методы воздействия на объект и иметь возможности для совершенствования.

Система управления должна быть эффективной, что предполагает оперативность и надежность, качество принимаемых решений; минимизацию связанных с этим затрат времени; экономию общих издержек и расходов на содержание аппарата управления, улучшение технико-экономических показателей основной деятельности и условий труда, долю работников управления во всем персонале организации, а также выполнение ряда условий субъект-объектных отношений (таблица 2.).

Таблица 2.– Условия субъект-объектных отношений в управлении

Условие	Характеристика
Соответствие СУ и ОУ	Если отсутствует взаимосвязь в процессе работы, то не реализуют потенциальные возможности системы управления.
Самостоятельность СУ и ОУ	СУ не в состоянии предусмотреть все реакции ОУ и возможные варианты его поведения в разных ситуациях. Когда в качестве ОУ выступает процесс перевозки грузов, высока вероятность возникновения различных ситуаций, выходящих за рамки установленных сроков перевозки и др. СУ должен быстро и эффективно реагировать на это.
Заинтересованность СУ и ОУ в четком взаимодействии	Возможность СУ управлять обусловлена возможностью ОУ выполнять поступающие команды. В случае несовпадения целей и задач участников процесса перевозок высока вероятность снижения его эффективности. Это составляет целую проблему управления особенно в том случае, когда СУ и ОУ не связаны отношениями собственности.

Эффективность функционирования системы управления АТЛП можно повысить с помощью надежных обратных связей, своевременности и полноты информации, учета социально-психологических качеств персонала, обеспечения оптимального размера подразделений АТЛП.

## УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИЯМИ И ПРОЦЕССАМИ

Управление АТЛП можно разделить на управление функциями и управление процессами (рисунок 1.). Управление функциями складывается из планирования, постановки задач, создания системы измерения осуществляемой работы и контроля за выполнением заданий. Управление функциями АТЛП не может быть успешным, если отсутствует система планирования его деятельности.



Рисунок 1. – Управление АТЛП

Управление процессами представляет собой деятельность по координации взаимодействия отдельных подразделений АТЛП. Эта область управления непосредственно связана с работой информационной системы АТЛП.

Сущность и содержание процесса управления проявляется в его функциях. Управление - это интегрированный процесс планирования, организации, координации, мотивации и контроля, необходимый для достижения целей организации. [4]

## ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ АТЛП

Принципы управления АТЛП представляют собой исходные положения, на основе которых осуществляется функционирование АТЛП и управление его деятельностью (таблица 3.).

Таблица 3. – Принципы управления АТЛП

Группа	Наименование	Интерпретация
1	2	3
Принципы управления процессом перевозки	Принцип прямооточности	Обеспечение кратчайшего движения грузопотоков по логистической цепи, устранения различного рода «петель» и возвратных движений
	Принцип непрерывности	Движение грузопотоков не должно прерываться между стадиями товародвижения от начального поставщика до конечного потребителя
	Принцип надежности	Создание таких организационно-экономических условий, которые обеспечивали бы бесперебойную работу АТЛП. Данный принцип вызывает необходимость точной и достоверной информации о состоянии рынка грузоперевозок, координации и оперативного управления и перевозками, создания резервов и т.п.
Принципы управления качеством услуг	Принцип программности работ	У АТЛП должно осуществляться в соответствии с планом, устанавливающим требования к оказанию логистических услуг, их объем, сроки и т.п. Создание специальных подразделений или выделение отдельных сотрудников, осуществляющих планирование, контроль и регулирование выполнения планов
	Принцип соответствия объема заявок объему продаж	Объемы продаж должны увеличиваться при росте объема заявок на оказание аутсорсинговых логистических услуг, не допускать срыва заказов, 100%-ое выполнение
	Принцип гибкости	Высокая степень приспособляемости деятельности АТЛП к изменяющейся рыночной обстановке. Необходимым условием обеспечения гибкости является наличие устойчивой обратной связи в цепочке «грузоотправитель-перевозчик-грузовладелец». Реализация данного принципа требует проведения работ по прогнозированию спроса на определенные виды логистических услуг, созданию системы сбора и обработки информации о рынке, сокращению периода времени с момента получения заказа до его исполнения и др.
	Принцип обратной связи	Содержание процесса оказания аутсорсинговых логистических услуг в сфере грузовых автоперевозок определяется требованиями клиентов. Исходя из ожидаемых заказов, необходимого качества и сроков устанавливаются масштабы деятельности и ассортимент услуг.
Принципы совершенствования транспортно-логистического аутсорсинга	Принцип интеграции	Рассмотрение функций и целей как результата объединения разнородных по своему характеру частей. Согласно этому принципу управление АТЛП должно осуществляться как интегрированной системой, объединяющей субъекты и отдельные стадии автоперевозочного процесса. Интеграция предполагает установление необходимых связей между участниками товародвижения и обеспечения на этой основе их взаимодействия
	Принцип компьютеризации	Все логистические функции в процессе товародвижения должны выполняться с максимальной степенью автоматизации при участии или под контролем человека с применением информатики и коммуникаций
	Принцип оптимальности	Достижение такой согласованности действий персонала АТЛП по организации автоперевозок, при которой обеспечивается наибольшая экономическая эффективность функционирования предприятия
	Принцип экономичности	Означает необходимость снижения ежегодных затрат на выполнение отдельных операций и процедур при условии высококачественного обслуживания клиентов
Принципы формирования	Принцип комплексности	Управление процессами работы АТЛП должно быть таким, чтобы все работало как единый слаженный механизм

организационной идентичности АТЛП	Принцип целевой направленности	Направленность действий всех участников автоперевозочного процесса на достижение одной общей цели (получение прибыли, удовлетворение потребности в доставке грузов в нужное время в нужном месте с оптимальными затратами и пр.)
	Принцип целостности	Включение в автоперевозочный процесс всего множества физических и (или) юридических лиц (производителей, посредников, складов материалов и др.), осуществляющих логистические операции по доведению грузопотока и сопутствующей информации до клиента
Принципы стимулирования эволюции рынка транспортно-логистических услуг	Принцип принятия решения на основе выбора одного из нескольких вариантов	Управление и организация деятельности АТЛП должны осуществляться путем разработки и оценки нескольких возможных вариантов. Последнее требует установления совокупности факторов, влияющих на эффективность процесса логистики, их количественной и качественной оценки, определения способа принятия решения по выбору наиболее рациональной схемы (маршрута) товародвижения и пр.
	Принцип научной обоснованности	Предполагает выбор и расчет элементов организации автоперевозочного процесса с использованием научных подходов, принципов и методов (системный подход, экономико-математические методы и т.д.)
	Принцип непрерывного совершенствования	Необходимость систематической организационной работы по совершенствованию процесса автоперевозок и оказания других логистических услуг сотрудниками АТЛП



Рисунок 2 - Взаимосвязь стратегического, тактического и оперативного управления [8]

## ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ АТЛП

Управление АТЛП предусматривает решение большого числа взаимосвязанных задач, начиная от планирования его деятельности на

перспективу и кончая регулированием отдельных рабочих процессов в ходе реализации заданий. Решение этих задач основывается на применении экономических, организационно-распорядительных и социально-психологических методов управления.

Процесс управления АТЛП определяет порядок действий персонала организации по осуществлению логистического обслуживания клиентов в сфере грузовых автоперевозок и, с точки зрения автора, может быть укрупнено представлен в виде рисунка 3.

Управление деятельностью складывается из планирования, постановки задач, создания системы измерения осуществляемой работы и контроля над выполнением заданий. Управление деятельностью АТЛП не может быть успешным, если управление персоналом осуществляется неправильно. Управление персоналом представляет собой деятельность по руководству работой сотрудников организации. Эта область управления непосредственно связана с работой руководителя АТЛП и включает в себя обеспечение сотрудничества в коллективе, кадровую политику, обучение, информирование, мотивацию персонала и др. Эффективная реализация управления каждой из выделенных подсистем позволяет значительно повысить эффективность движения транспортно-логистических потоков не только в рамках взаимодействия отдельных участников рынка, но и в масштабах экономики страны в целом.



Рисунок 3 – Процесс управления АТЛП в общем виде

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опираясь на основные понятия науки управления, автор выделяет основные компоненты управления АТЛП, раскрывающие его содержание. К ним относятся формы, методы, принципы, функции, процессы, организационное управление и организационные отношения, возникающие между участниками автоперевозочного процесса в результате выполнения аутсорсинговых логистических услуг персоналом АТЛП. Принципы отражают требования, предъявляемые к управлению персоналом и деятельностью АТЛП по организации автоперевозочного процесса. Методы раскрывают способы, применяемые в организационной деятельности, т.е. указывают на то, как она осуществляется. Функции характеризуют содержание управленческой деятельности, описывая действия субъекта управления над объектом управления. Процесс определяет порядок осуществления этих действий, а организационные формы и отношения – структуру и пространственно-временные взаимосвязи. Под методом управления АТЛП автор диссертационной работы понимает совокупность способов, подходов и приемов осуществления управленческой деятельности, применяемых для своевременного и высококачественного оказания аутсорсинговых логистических услуг в сфере грузовых автоперевозок. В дальнейшем данное исследование позволит разработать основы построения научной методологии управления АТЛП, направленной на повышение конкурентоспособности и эффективности работы транспортно-логистического комплекса страны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абалонин, С.М., Пахомова, А.В.[Текст]/ Бизнес-план автотранспортного предприятия. – М.: Транспорт, 1998. – 54 с.
2. Ковалев В.В. Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности[Текст]/ В.В. Ковалев. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 432 с.
3. Берг, А.И. Кибернетика – наука об оптимальном управлении [Текст]/ А.И. Берг. – М.: Энергия, 1966. – 392 с.
4. Менеджмент [Текст] / Под редакцией Подлесных В.И. – СПб.: СПбГУ ИТМО.
5. Остапец О.Г. Организационно-правовые основы государственного управления транспортом в Российской Федерации [Электронный ресурс] / О.Г. Остапец. – Режим доступа: [http://www.edit.muh.ru/content/mag/trudy/01\\_2009/03.pdf](http://www.edit.muh.ru/content/mag/trudy/01_2009/03.pdf)
6. Сергеев А.В. О совершенствовании моделирования транспортных маршрутов [Текст] / Сергеев А.В., Сергеева Н.А. // Современные наукоемкие технологии. – 2010. - № 4. – С. 95-96.
7. Торосян С.Г. Формирование эффективного механизма реализации инновационных программ: автореферат дисс...канд.экон.наук / С.Г. Торосян. – М., 2011. – 25 с.
8. Шумилова А.В. Формирование системы механизмов стратегического управления производственной организацией (на примере предприятий лесопромышленного комплекса Архангельской области): автореферат дисс...канд.экон.наук [Текст] /А.В. Шумилова. – М., 2006. – 26 с.
9. PSItms(системауправлениятранспортом) [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: [http://www.ibs.ru/download/events/psf161107/PSI\\_Logistics\\_TMS.RUS\\_IBS.pdf](http://www.ibs.ru/download/events/psf161107/PSI_Logistics_TMS.RUS_IBS.pdf)

# ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПАРКА СЕДЕЛЬНЫХ ТЯГАЧЕЙ

Н.К. Горяев

*Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия  
vetkadog@mail.ru*

Проведено исследование зависимости переменных и постоянных затрат от возраста приобретаемого подвижного состава для магистральных перевозок. Разработаны рекомендации по оптимизации возраста приобретаемого подвижного состава в зависимости от расстояния на примере седельных тягачей VOLVO.

## TRACTORS' AGE STRUCTURE OPTIMIZATION

**Nikolay Goryaev**

*South Ural State University  
E-Mail: vetkadog@mail.ru*

Research of dependence of variable and fixed costs from age of tractors for long distance haulage was conducted. Recommendations about optimization of age of tractors depending on carriage distance on an example VOLVO are developed.

### **Введение**

В России большое распространение получило приобретение бывшего в употреблении коммерческого подвижного состава автомобильного транспорта. Это связано не только с дефицитом средств у перевозчиков, но и с невысокой интенсивностью эксплуатации, выражающейся в относительно меньших годовых пробегов по сравнению с Европейскими перевозчиками. Основным подвижным составом для междугородных перевозок грузов являются седельные тягачи. Очевидно, что в процессе эксплуатации подвижного состава его техническое состояние ухудшается и происходит увеличение переменных затрат. В то же время, приобретение бывшего в употреблении подвижного состава позволяет снизить постоянные затраты за счёт уменьшения затрат на амортизацию (и проценты по кредиту) или лизинг в зависимости от схемы приобретения. Таким образом возникает альтернатива: приобрести новый подвижной состав дороже, но с меньшими переменными затратами или более дешёвый, но с большими переменными затратами. Предполагается, что оптимальный возраст приобретаемого подвижного состава зависит от длины грузённой ездки. Для решения этой задачи на практике необходимо знать зависимость переменных и постоянных затрат от возраста приобретаемого подвижного состава.

## Исследование

Исследование проводилось для парка однотипного подвижного состава седельных тягачей VOLVO FH-12, как одной из самых популярных моделей у Российских перевозчиков. Исследование проводилось по данным 2008 и 2009 годов в ООО «Трактороторг-Авто-1», крупнейшем перевозчике скоропортящихся пищевых продуктов в Челябинской области. Парк насчитывал 39 седельных тягачей VOLVO FH-12 с полуприцепами-рефрижераторами SCHMITZ. Исследуемые седельные тягачи VOLVO FH-12 были двух модификаций – мощностью 380 и 420 лошадиных сил, которые имеют примерно одинаковые технико-эксплуатационные показатели. Седельные тягачи, введённые в эксплуатацию в 2001-2004 годах, эксплуатировались в идентичных условиях, по дорогам с твёрдым покрытием, среднегодовые пробеги отличались незначительно (рис. 1) и для 90% тягачей составляли от 120 до 150 тысяч километров при среднем значении 135893 км. Техническое обслуживание и ремонт проводились в основном силами предприятия, где имелась ремонтная зона с 3 постами. В 95% случаев экипаж состоял из одного водителя. Для контроля пробега и расхода топлива седельные тягачи были оборудованы системой спутниковой навигации.

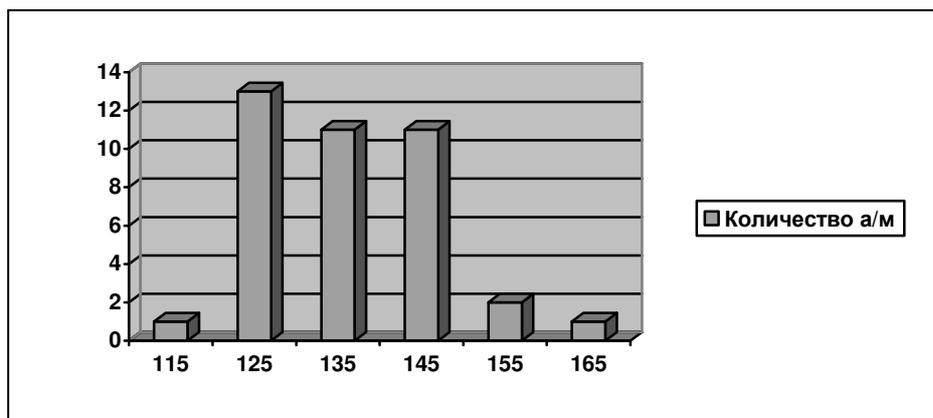


Рис. 1. Среднегодовые пробеги тягачей, тыс. км

Переменные расходы складываются из затрат на топливо, масло, шины, техническое обслуживание и ремонт, затраты на езду [1] и седельная заработная плата водителей с учётом отчислений (ФЗП).

Затраты на топливо являются основной статьёй затрат. В соответствии с методическими рекомендациями «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» [2], утверждёнными Министерством транспорта Российской Федерации, предусматривается увеличение норм расхода топлива для автомобилей находящихся в эксплуатации 5-8 лет до 5%, а более 8 лет до 10%. Реальное увеличение расхода топлива в процессе эксплуатации подвижного состава происходит

плавно и не носит такой ступенчатый характер. На кафедре эксплуатации автомобильного транспорта ЮУрГУ были собраны данные [3] по расхода топлива седельными тягачами VOLVO FH-12 с полуприцепами-рефрижераторами SCHMITZ, которые представлены в табл. 1.

Год выпуска	Срок эксплуатации	Количество автомобилей	Средний расход топлива, л/100 км
2001	7	15	40,43
2002	6	9	39,44
2003	5	12	39,12
2004	4	3	38,93

Таблица 1 – Зависимость среднего расхода топлива от сроков эксплуатации

Результаты проведённого исследования зависимости расхода топлива от сроков эксплуатации представлены на рис. 1.

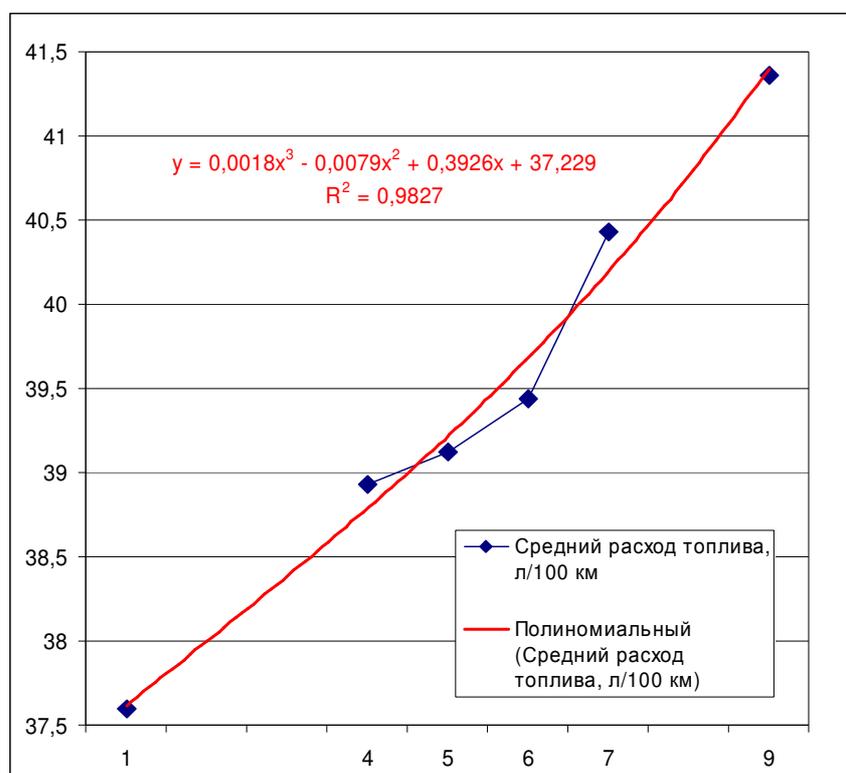


Рис. 1. График зависимости расхода топлива

Для упрощённых расчётов авторы предложили считать, что в первые десять лет за год в среднем расход топлива увеличивается на 1%.

Так как расход масла нормируется [2] в зависимости от расхода топлива, будем считать, что зависимость расхода масла от сроков эксплуатации носит аналогичный характер.

Затраты на шины принимаем не зависящими от сроков эксплуатации подвижного состава, так как нет прецедентов, что производители шин

связывают их ходимость с возрастом подвижного состава, а в формуле расчёта затрат на амортизацию шин [] не предусмотрены поправочные коэффициенты.

Затраты на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) для реальных условий эксплуатации в России желательно разделять на переменную и постоянную составляющие, так как мелкие предприятия для не гарантийного подвижного состава предпочитают осуществлять их своими силами. Таким образом, переменные затраты на ТОиР будут складываться из затрат на запасные части и расходные материалы.

Затраты в рассматриваемом предприятии на запасные части и расходные материалы складывались из приобретения запасных частей за наличный расчёт в рейсах и по безналичному расчёту в транспортном предприятии. Полученные результаты [4] по затратам на запасные части в расчёте на 1 км пробега представлены в табл. 2.

Год выпуска	Срок эксплуатации	Количество автомобилей	Затраты на запасные части, руб./км
2001	7	14	1,38
2002	6	8	1,31
2003	5	11	1,13
2004	4	2	0,99

Таблица 2 – Зависимость затрат на приобретение запасных частей от сроков эксплуатации

Исходя из полученных данных, была рассчитана зависимость затрат на запасные части от сроков эксплуатации для условий магистральных перевозок (рис. 2).

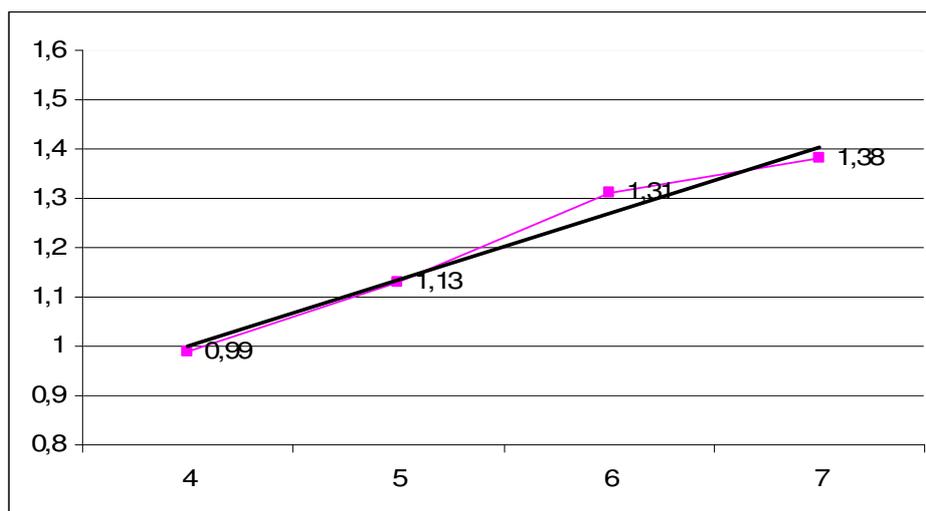


Рис. 2. График зависимости затрат на запасные части от сроков эксплуатации

Для полученных значений был проведён анализ, который показал, что закономерность хорошо описывается линейной функцией  $y=0.135x+0.46$ . Однако, использование этой закономерности далеко за пределы исходных значений может привести к существенным ошибкам, поэтому в табличной форме была рассчитана закономерность зависимости затрат на приобретение запасных частей от срока эксплуатации седельных тягачей VOLVO FH-12 (табл. 3) с третьего (до двух лет ремонт обычно осуществляется по гарантии) по десятый год эксплуатации.

Год эксплуатации	3	4	5	6	7	8	9	10
Расходы на запчасти, руб./км	0,87	1,00	1,14	1,27	1,41	1,54	1,68	1,81

Таблица 3 – Зависимость увеличения расходов на запасные части

Затраты на езду при осуществлении перевозок по России небольшие, включают в себя затраты на транспортно-сопроводительные документы (весьма незначительные – можно не учитывать) и затраты на экспедирование, если водитель является экспедитором (которые тоже можно не учитывать при оптимизации, так как в этом случае устанавливается соответствующая надбавка к тарифу).

С учётом приведённых зависимостей, цен на топливо, стоимости и ходимости шин, калькуляция переменных затрат для различного возраста подвижного состава представлена в табл. 4.

Возраст тягачей	Переменные затраты, руб./км					
	Топливо	Масла	Шины	Запчасти	ФЗП	Общие
1	7,5	0,75	0,6	0,3 (ТО)	3,78	12,93
2	7,58	0,76	0,6	0,3 (ТО)	3,78	13,02
3	7,65	0,77	0,6	0,87	3,78	13,67
4	7,73	0,77	0,6	1,00	3,78	13,88
5	7,80	0,78	0,6	1,14	3,78	14,10
6	7,88	0,79	0,6	1,27	3,78	14,32
7	7,96	0,8	0,6	1,41	3,78	14,55
8	8,04	0,8	0,6	1,54	3,78	14,76
9	8,12	0,81	0,6	1,68	3,78	14,99
10	8,20	0,82	0,6	1,81	3,78	15,21

Таблица 4 – Зависимость переменных затрат от возраста подвижного состава

Постоянные затраты складываются в основном из затрат на лизинг (амортизацию), которые зависят от года выпуска приобретаемого подвижного состава и функционирования производственной базы (аренда или амортизация площадей, зарплата персонала, транспортный налог,

накладные расходы, страхование ОСАГО и т.п.), которые примем не зависящими от возраста подвижного состава.

Затраты на лизинг напрямую зависят от стоимости седельного тягача. В 2011 году был проведен анализ рынка новых и бывших в употреблении седельных тягачей VOLVO FH сопоставимой комплектации, который показал, что стоимость тягачей практически не зависит от пробега, который не сильно отличался у разных тягачей одинакового года выпуска. Также было проведено исследование зависимости дней в эксплуатации от года выпуска седельных тягачей по 2008 и 2009 годам в ООО «Трактороторг-Авто-1». Зависимости рыночной стоимости тягачей (выровненный ряд), постоянных затрат, дней в эксплуатации от года выпуска с расчётом удельных постоянных затрат на день в эксплуатации на один тягач представлены в табл. 5.

Расчёт затрат на лизинг (амортизацию) производился из расчёта переплаты 37,5% за пятилетний срок лизинга, чтобы были минимальные отличия от размеров затрат на амортизацию при приобретении подвижного состава на баланс предприятия с учётом процентов по кредиту. Рассматриваемый подвижной состав приобретался как за счёт кредитов, так и за счёт лизинга с различными сроками выплат. Прочие постоянные затраты в 2008 и 2009 годах составляли примерно 300 тысяч рублей и точное их значение не принципиально, так как они принимаются не зависимыми от возрастной структуры парка.

Возраст тягачей	Стоимость тягача, руб.	Лизинг, руб./год	Прочие пост. затраты, руб./год	Общие пост. затраты, руб./год	Кол-во дней в экспл., дней/год	Удельные пост. затраты, руб./день
1	4050000	1113750	300000	1413750	320	4418
2	3750000	1031250	300000	1331250	307	4336
3	3400000	935000	300000	1235000	299	4130
4	3100000	852500	300000	1152500	291	3960
5	2800000	770000	300000	1070000	283	3781
6	2500000	687500	300000	987500	260	3798
7	2300000	632500	300000	932500	262	3559
8	2100000	577500	300000	877500	250	3510
9	1900000	522500	300000	822500	240	3427
10	1700000	467500	300000	767500	230	3337

Таблица 5 – Зависимость приведённых постоянных затрат от возраста подвижного состава

Интересным фактом является заметное снижение количества дней в эксплуатации для 6-летних VOLVO, причём в 2008 году это снижение зафиксировано для тягачей 2002 года выпуска, а в 2009 такое снижение

зафиксировано для тягачей 2003 года выпуска. Предположительно, на 6 год эксплуатации приходится время ремонта крупных агрегатов, после которых выпуск автомобилей на линию на 7 год эксплуатации увеличивается.

При междугородных перевозках получило широкое распространение приведение затрат к езде. Приведённые затраты на одну езду можно рассчитать по формуле:

$$C_{езд} = C_{пост} \cdot \left( t_{н-р} + \frac{l_{з.е.}}{l_{сут}} \right) + C_{пер} \cdot l_{з.е.},$$

где  $C_{пост}$  – удельные постоянные затраты, руб./день;

$t_{н-р}$  – время погрузки-разгрузки за езду, дней (в планировании принималось равное 1, пол дня на погрузку и пол дня на разгрузку);

$l_{з.е.}$  – расстояние гружённой ездки, км;

$l_{сут}$  – суточный пробег автопоезда, км (принимался 600 км по отчётным показателям, при соблюдении режима труда водителя будет меньше);

$C_{пер}$  – переменные затраты, руб./км.

Расчёты проводились для расстояния гружённой ездки, кратному суточному пробегу автопоездов. При одиночной езде и технической скорости около 50 км/час суточный пробег должен составлять 450 км, но анкетирование перевозчиков показало, что подавляющее большинство нарушает режим труда при междугородных перевозках и ситуация в рассматриваемом предприятии ничем не отличается от типичной в подотрасли.

Результаты расчётов приведённых затрат сведены в табл. 6.

Возраст тягачей	Длина ездки с грузом, км					
	600	1200	1800	2400	3000	3600
1	16594	28770	40946	53122	65298	77474
2	16484	28632	40780	52928	65076	<b>77224</b>
3	16462	28794	41126	53458	65790	78122
4	16248	28536	40824	53112	65400	77688
5	16022	28263	40504	52745	<b>64986</b>	77227
6	16188	28578	40968	53358	65748	78138
7	15848	<b>28137</b>	<b>40426</b>	<b>52715</b>	65004	77293
8	15876	28242	40608	52974	65340	77706
9	15848	28269	40690	53111	65532	77953
10	<b>15800</b>	28263	40726	53189	65652	78115

Таблица 6 – Зависимость приведённых затрат в руб. от возраста и длины ездки с грузом

В таблице жирным шрифтом выделены минимальные приведённые затраты для заданного расстояния перевозки.

### **Выводы**

1. Просматривается нечёткая тенденция смещения минимума приведённых затрат к более новому подвижному составу при увеличении длины гружённой ездки.
2. Разница в затратах не существенная и более выражена при небольшой длине гружённой ездки.
3. При небольшой длине гружённой ездки эффект от использования более старого подвижного состава может быть больше за счёт снижения годовых пробегов.

### **Литература**

1. Pienaar, W.J. Business Logistics Management: A Supply Chain Perspective / W.J. Pienaar, J.J. Vogt. – Cape Town: Oxford University Press Southern Africa, 2009. – 472 p.
2. Методические рекомендации «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» / Документы и комментарии. – 2008. – №8.
3. Мячкова, С.В. Изменение расхода топлива в процессе эксплуатации подвижного состава / С.В. Мячкова, Е.Н.Горяева // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем: материалы международной научно-практической конференции, 12-13 мая 2009 г. / под ред. О.Н. Ларина, Ю.В. Рождественского. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – стр. 61-64.
4. Горяев, Н.К. Изменение затрат на приобретение запасных частей в процессе эксплуатации подвижного состава / Н.К. Горяев, Е.Н. Горяева // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сборник научных трудов, рецензируемый. – Минск: БНТУ, 2012. – С. 129–132.

# **CREATING AN INNOVATIVE BUSINESS MODEL CASH FLOWS USING A NEW APPROACH OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (AS EXAMPLE, TRANSPORTATION OF OIL FROM THE CASPIAN REGION)**

**Л.Б. Миротин, В. Саркиев**

*МАДИ  
Mirotin2004@mail.ru*

В докладе рассматривается новый подход к системе транспортировки нефти и централизации управления нефтепотоками, создания новой бизнес-модели в системе управления цепями поставок. Новизна предлагаемого подхода заключается в его обширности; данный подход охватывает практически все сферы, имеющие отношение к системе управления цепями поставок. В настоящее время при операциях, связанных с транспортировкой нефти, отсутствует какой либо комплексный подход, учитывающий данные прогнозирования, интегрированную логистическую поддержку, систему маршрутизации нефти в мультимодальной технологии транспортирования.

# **CREATING AN INNOVATIVE BUSINESS MODEL CASH FLOWS USING A NEW APPROACH OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (AS EXAMPLE, TRANSPORTATION OF OIL FROM THE CASPIAN REGION)**

Leonid Mirotin, Vali Sarkiev

*MADI (Moscow Automobile and Road Institute)  
mirotin2004@mail.ru*

This article discusses a new approach to oil transportation system, and centralized management oil transportation, a new business model in the supply chain management. The novelty of the described approach lies in its breadth, this approach covers virtually all areas related to supply chain management system. At present, the operations associated with the transportation of oil is not present, any comprehensive approach taking into account the data of forecasting, integrated logistics support, system routing in multimodal transportation.

## **ПОСТАНОВКА РЕШАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ**

Предъявляемые нами разработки посвящены созданию новой системы управления цепями поставок на примере транспортировки нефти с каспийского региона к порту Аугуста (Италия). Приступив к исследованию данного региона, мы обнаружили наличие большого количества участников данного процесса, отсутствие взаимодействия между ними,

ограничения в имеющихся пропускных мощностях субъектов (не развитый танкерный флот, устаревшая система трубопроводного транспорта, не отвечающие новым потребностям резервуарные мощности, и т.д.). В настоящее время бизнес-модель системы транспортировки нефти к порту Аугуста выглядит следующим образом (на рис. 1 представлены схемы поставок CIF и FOB)

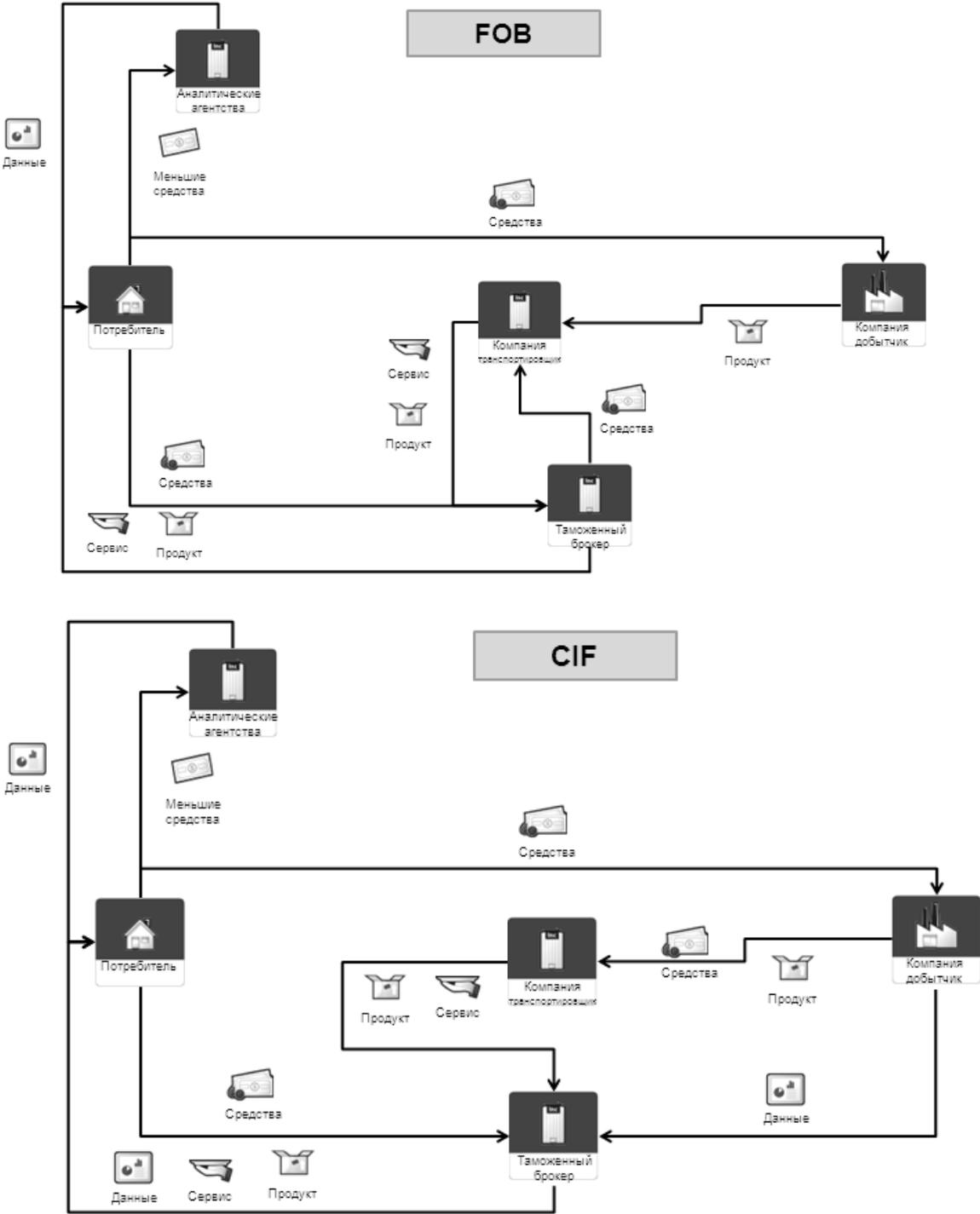


Рис. 1. Схема движения товара и финансовых средств по схемам поставок CIF и FOB

Из рисунка 1 видно, что компании, участвующие в транспортном процессе и получающие прибыль непосредственно от своей деятельности, здесь не ощущают никакой координации действий самих участников транспортного процесса. Использование существующих логистических схем возможно, но это не решает поставленных задач. Единственным способом решения проблем координации действий участников процесса может быть создание ИЛЦ (информационного логистического центра), способного организовать работу транспортно-логистической системы. Однако ИЛЦ также не способен решить основные проблемы, так как функция контроля и улучшения взаимодействия участников транспортного процесса здесь отсутствует. А самое главное, что побуждающим фактором будет участие в этом проекте компаний, уже осуществляющих транспортировку. Навряд ли какая-нибудь компания захочет чтобы ею управляли из вне, тем более платить за это, даже, если это сулит снижение экономических издержек.

Для создания системы транспортировки требуется определиться с тактикой или подходом, на основании которого будут предъявляться требования к системе. В настоящее время, в эпоху бурного развития логистики предъявляются более жесткие требования к системе управления цепями поставок. Новый подход описал в своей известной работе профессор Стэндфордского Университета – Хау Ли. В его работа под названием *The Triple-A Supply Chain*, цепочка поставок на базе трех «А» [3]. Это три первые буквы слов: *Agility* (*Подвижность*); *Adaptability* (*Адаптивность*); *Alignment* (*Согласованность*). Эти требования наделяют компанию, применяющую их, преимуществом по отношению к другим.

#### **Agility - Подвижность**

Подвижность имеет одно из решающих значений, так как колебания спроса и предложения в большинстве отраслей происходят быстрее и с большим размахом. Обычно стационарные цепи поставок преодолевают эти трудности, жертвуя либо скоростью, либо увеличением затрат, в отличие от подвижных цепей, которые реагируют быстро и экономически эффективно. Подвижность создаваемой системы формируется, исходя из следующих признаков:

- Постоянное предоставление данных об изменениях спроса и предложения участникам цепей поставок для быстрого реагирования на них;

- Развитие сотрудничества с поставщиками и клиентами, обеспечивая возможность совместной работы созданием или изменением процессов, компонентов и продуктов, а также подготовкой запасных планов действий;

- Разработка продуктов, таким образом, чтобы для их изготовления изначально использовать общие компоненты и процессы, а существенные различия возникли лишь на последнем этапе производственного процесса;

- Наличие небольшого запаса недорогих, необъемных компонентов, из-за отсутствия которых часто возникают «узкие места» в системе;
- Создание надежной логистической системы, которая позволит компании быстро реорганизовывать работу при возникновении непредвиденных обстоятельств;
- Формирование рабочей группы для реализации запасного плана действий.

### **Adaptability** - Адаптивность

Как правило, опытные компании учитывают, что рынки и стратегии изменяются и стараются не заикливаясь на одних и тех же поставщиках и моделях дистрибуции. Они адаптируют свои цепи поставок к новым условиям в соответствии с меняющимися потребностями. Это один из важных аспектов способствующих созданию цепей поставок, позволяющие обеспечить устойчивое преимущество. Построение адаптивной цепи поставок зависит от наличия двух основных компонентов: способности отслеживания тенденций и умения вовремя вносить изменения в сети поставок. Для выявления будущих тенденций необходимо руководствоваться следующими принципами:

- Отслеживать изменения в экономике, особенно в развивающихся странах, поскольку по мере того, как национальные экономики открывают двери для глобальной конкуренции, меняются затраты, квалификация работников и риски в глобальной цепи поставок;
- Стараться понять потребности конечных потребителей, а не только непосредственных клиентов. Иначе можно стать жертвой «эффекта подстегивания», который усиливает и искажает колебания спроса.

Однако, помимо этого компании должны иметь возможность вносить изменения в цепи поставок. Для этого необходимо:

- Осуществлять поиск новых поставщиков в дополнение к существующим;
- Информировать компании по разработке продукции о том, как функционирование цепи поставок может повлиять на их деятельность. Кроме того, разработчики должны знать три принципа создания продукта с учетом требований сети поставок:
  - унификация – использование одних и тех же компонентов при производстве разных продуктов;
  - отсрочка дифференциации – смещение этапа, на котором продукты приобретают отличительные особенности, на более поздний срок;
  - стандартизация – использование стандартных наборов комплектующих и процессов для создания дифференцированной продукции.

### **Alignment** - Согласованность

Необходимо согласовывать интересы всех фирм – участниц цепи поставок с собственными интересами. Важность этого заключается в том, что каждая фирма стремится к максимальному удовлетворению только своих

потребностей. Рассогласованность же может иметь разрушительные последствия, даже если партнеры по цепочке поставок – подразделения одной компании.

Одним из важных условий существования принципа согласованности между участниками транспортного процесса является выстроенная система партнерских отношений между участниками. Для описания иерархии партнерских отношений с поставщиками мы воспользовались схемой, предложенной Джеффри Лайкером и Томасом Чойем [3] (рис. 2).



Рис. 2. Иерархия партнерских отношений.

Так как термины, используемые Хау Ли носят более широкий характер, необходимо было конкретизировать некоторые понятия, например такое как адаптивность. По мнению Ицхака Адизеса [1] адаптивность - это не способность к адаптации при уже наступивших изменениях, а способность к упреждению изменений. Это очень важное замечание, которое полностью меняет представление о понятии адаптивности, описанное Хау Ли. Именно способность к упреждению, прогнозированию и является правильным пониманием термина адаптивность.

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ.

Подход, описанный Хау Ли, хотя является фундаментальным, однако по нашему мнению к системе управления цепями поставок необходимо предъявлять также и другие требования, использование которых придаст системе поставок устойчивость от сбоя и приведет к необходимости постоянного усовершенствования системы.

Одним из важнейших требований в настоящее время является безопасность системы. Безопасность как к внешним факторам, так и к внутренним. Но что такое безопасность с точки зрения организации цепей

поставок? Понятие безопасность можно подразделить на две составные части:

- Прогнозирование сбоя;
- Реакция на сбой.

Для создания безопасных цепей поставок эти факторы являются основополагающими, однако слово *безопасность* не способно донести полный смысл создания устойчивой системы. Мы решили воспользоваться понятием, предложенным Йосси Шефи – «*resilience*», что переводится как упругая деформация [11]. Данный термин был позаимствован из материаловедения, который означает свойство тел восстанавливать свою форму после прекращения внешнего воздействия. Применительно к системам он характеризует способность компаний вернуться к нормальному уровню производительности и скорости восстановления после сбоя с низкой вероятностью и тяжелыми последствиями.

То есть «*resilience*» можно перевести как жизнестойкость. В понятие жизнестойкость мы вкладываем следующий смысл:

- Прогноз вероятности сбоя;
- Оценка степени прогнозируемого сбоя;
- Предупреждение сбоя;
- Скорость реакции при наличии сбоя;
- Степень нейтрализации сбоя;
- Предотвращение рецидива.

Использование описанных пунктов подхода способно сделать цепи поставок более устойчивыми, реагирующими на изменение, более согласованными, однако так, как это система, то необходимо также придать ей и фактор развития.

Непрерывное совершенствование - это концепция, предложенная компанией Toyota под названием *кайдзен*<sup>1</sup>. Техника *кайдзен* при создании SMILC (System Managed by Information Logistics Centre – Система Управляемая Информационным Логистическим Центром) позволяет улучшать, ускорять все процессы, происходящие в системе транспортировки нефти. Прежде всего ускорение погрузочно-разгрузочных работ, ускорение и облегчение процесса документооборота, модернизация способов прогнозирования уровня потребления и т.д. Основная идея системы *кайдзен*, адаптируемой под SMILC, позволяет вносить изменения в каждое звено транспортно-логистической цепи, не оказывая при этом пагубного воздействия на другие звенья. Возвращаясь к принципам компании Toyota, можно выделить четыре правила, определяющие процесс организации, функционирования и

---

<sup>1</sup> Кайдзен - японская философия или практика, которая фокусируется на непрерывном совершенствовании процессов производства, разработки, вспомогательных бизнес-процессов и управления

совершенствования любой операции, взаимодействия в рамках технологического маршрута для каждого продукта и функции:

Правило 1. Вся работа должна быть четко определена по своему содержанию, последовательности операций, срокам и результатам.

Правило 2. Каждое взаимодействие между клиентом и поставщиком должно осуществляться на основе строго определенных норм.

Правило 3. Технологический маршрут для каждого продукта и услуги должен быть простым и строго определенным.

Правило 4. Любое усовершенствование должно вноситься в соответствии с научным методом.

Именно модернизация и является основой самосовершенствования создаваемой системы. Непрерывная модернизация мелких, кажущихся незначительными операций, в итоге может сохранить время и сэкономить миллионы долларов, затрачиваемых на осуществление ненужных операций.

### **КАКОВА ЗАВЕРШАЮЩАЯ ВЕХА СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ?**

Что дает новый подход, с учетом того, что выстраиваемая система является сложной, в процессе участвует большое количество компаний, которые требуют контроля, улучшения системы взаимодействия, системы прогнозирования и т.д.? Ответ в следующем.

Первоначальной стадией создания системы - это определение инструментов для этой системы. Основным инструментом используемой в системе, является Система Поддержки Принятия Решения (DSS – Decision Support System). В свою очередь СППР подразделяется на три направления, развитие которых поднимет ИЛЦ на тот уровень, который мы описали выше. Данную систему мы назвали SMILC (System Managed by Information Logistics Center – Система управляемая информационным логистическим центром). SMILC включает в себя лучшие стороны существующих систем и избавлена от многих недостатков.

Итак, SMILC подразделяется на три направления: прогнозирование, риск-менеджмент и интегрированная логистическая поддержка.

- Система прогнозирования в нашем случае разделяется на:
  - систему прогнозирования потребления нефти и нефтепродуктов, что позволяет определить примерную добычу нефти;
  - систему прогнозирования риск-менеджмента, определение вероятности аварий и сбоев на транспорте;
  - систему прогнозирования функций ИЛЦ, так как поставщиками оборудования всей транспортной и технологической инфраструктуры могут быть различные фирмы, стабильность поставок комплектующих которых зависит от многих факторов.
- Система Риск-менеджмента (PM) разделяется на:
  - систему PM аварии или сбоев в системе;

- систему РМ поставок комплектующих к участникам системы транспортировки нефти;
- систему взаимодействия РМ и системы прогнозирования.

## ПОСТРОЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ БИЗНЕС-МОДЕЛИ

Из описанного понятно, что нами создается ИЛЦ с расширенными функциями, формируется новый подход к построению цепи поставок, в частности, нефти. Но здесь не определен способ получения денежных средств ИЛЦ. В настоящее время ИЛЦ получают отчисления от компаний, участвующих в процессе, в нашем случае это должны быть судовладельцы, таможенные брокеры, компании, оперирующие терминалами, резервуарами и трубопроводами. Однако, при высокой конкуренции на рынке, даже в среде такого вида транспорта как танкеры и трубопроводный транспорт, требуются предложения отличные от традиционных.

Понятно, что, создание системы еще не означает наличие успеха. Главной проблемой остается привлечение инвестиций. Кардинальное отличие предлагаемой системы заключается в том, что она создает благоприятные условия для инвестирования. Это новая бизнес-модель, прежде не использовавшаяся при создании ИЛЦ.

Схематически данную бизнес-модель можно изобразить следующим образом (см. рис. 3).

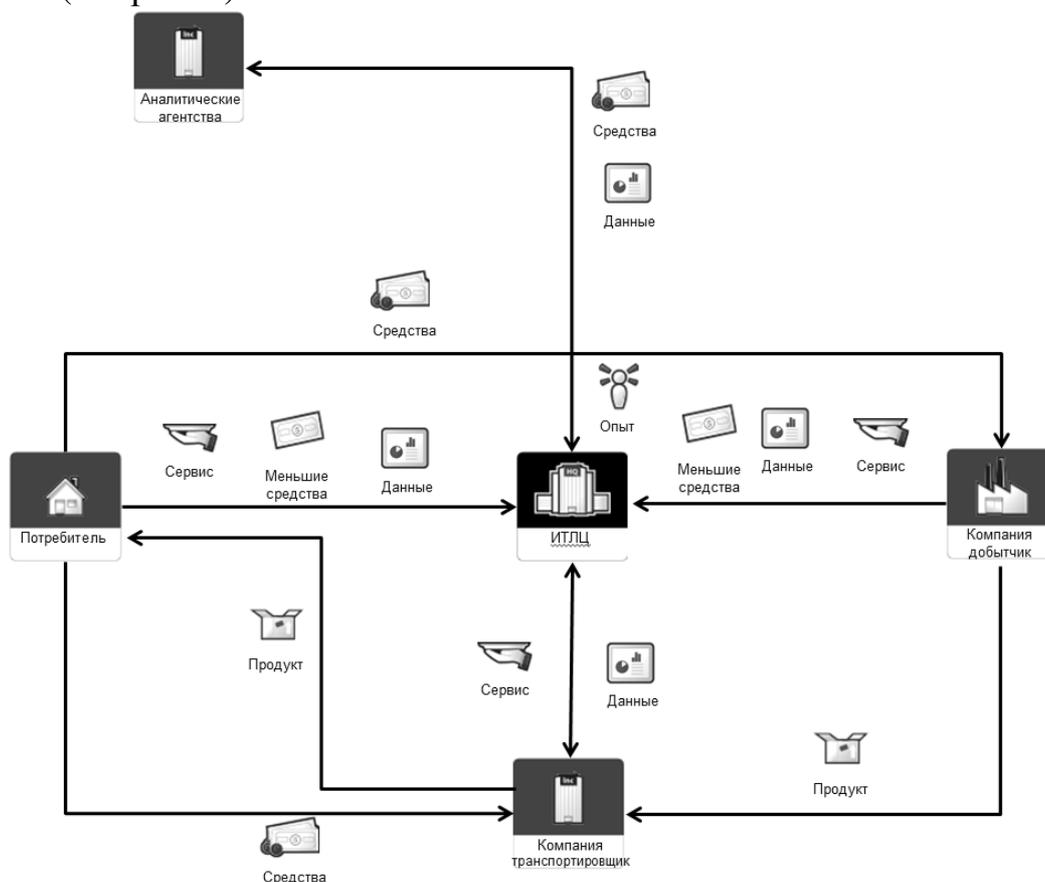


Рис. 3. Схема бизнес-процессов при создании описываемой *системы*

Основное поступление денежных средств зависит от грузопотока нефти, регулируемой SMILC. Компании добытчики и компании потребители нефти должны условно отчислять по 0,10 \$ за 1 тонну. При грузопотоке в 150 млн. тонн сумма поступлений в бюджет компании составит порядка 15 млн. \$ в год. Преимущество создаваемой системы состоит в способности интегрирования в другие системы добычи, потребления и транспортировки полезных ископаемых, таких как газ и др.

Компания добытчик получает бесперебойную работу системы добычи, уверенность в гарантированной транспортировке. Компания транспортировщик получает интегрированную логистическую поддержку жизненного цикла транспортного процесса, проектные решения модернизации транспортных средств, внедрение инновационных технологий в транспортно-логистическом комплексе, согласованное взаимодействие со всеми участниками.

Потребитель получает возможность выбора способа доставки в зависимости от стоимости либо скорости доставки, а также различных политических интересов, непрерывно совершенствующийся сервис. Монетизация осуществляется за счет отчислений компаний добытчиков и компаний потребителей, а также за счет продажи аналитических данных. При этом центр имеет возможность непрерывного совершенствования системы управления цепями поставок, что дает возможность разработки новых схем в логистическом комплексе.

Вырабатываемая система позволяет осуществлять управление цепочкой создания стоимости на всех этапах. Это является новой вехой в логистике, это было предсказано Дэвидом Бертом (*David N. Burt*) и Робертом Портетором Линчем (*Robert Porter Lynch*) [10]. SMILC берет на себя все обязательства по расчету, прогнозированию, обеспечению доходом всех участников данного процесса. Это новая бизнес-модель, где соучастником системы может стать любая компания готовая осуществлять инвестиции либо способная участвовать в проекте ИЛП.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной работе мы попытались создать новую бизнес-модель в управлении цепями поставок. Ибо последние достижения в системе управления цепями поставок выводят их на новый, более высокий уровень. (Это такие технологии как VMI (*Vendor Managed Inventory*) – склад управляемый поставщиком), *CRP (Capacity Requirements Planning)* – планирование потребности в производственных мощностях или *CRP (Continuous Replenishment Program)* - программа непрерывного пополнения), но не обходятся без существенных недостатков. Не было построено ни одной новой логистической системы, которые, дали бы положительные результаты. В ходе исследований были определены

негативные стороны существующих логистических система, положительные стороны были использованы в новой системе SMILC. Был модернизирован, подход описанный Хау Ли. Но главным достижением работы можно считать создание новой бизнес-модели, которая помимо увеличения поступления денежных средств в бюджет компаний, даёт возможность увеличения базы знаний. Именно увеличение базы знаний в системе управления цепями поставок сможет вывести нас на более высокий уровень, так как знание определяет опыт, опыт определяет компетенцию, а компетенция – профессионализм.

### **Список использованной литературы.**

1. Адизес, И.К. Управление жизненным циклом корпорации. Москва: Питер, 2012.
2. Беляев, В.М. Управление процессами в транспортно-логистических системах. Москва: МАДИ, 2010.
3. Гопал, К.. Как организовать цепочку поставок. Проблемы цепочек поставок. Гопал. К., Бет С., Берт Д., Копачино У., Ли Х., Линч Р.П., Моррис С. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008.
4. Коллинз, Дж. Больше чем бизнес: как преодолеть ограничения и построить великую копию / Джим Коллинз, Уильям Лазье. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006.
5. Маасаки, И.. Гемба кайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества / Маасаки Имаи. Пер. с англ. – 5-е изд. – М.: Альпина Паблшерз, 2010.
6. Миротин, Л.Б. Логистика интегрированных цепочек поставок: Учеб. для студентов вузов / Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов. М.: Экзамен, 2003.
7. Миротин, Л.Б. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах / Л.Б. Миротин, В.А. Гудков, В.В. Зырянов и др. Под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2010. 704 с. Некрасов, А.Г. Управление процессами безопасности и риска в цепях поставок: учебно-методическое пособие / А. Г. Некрасов, К. И. Атаев, М. А. Некрасова. Москва: Московский автомобильно-дорожный гос. технический ун-т (МАДИ), 2011.
8. Некрасов, А.Г., Основы менеджмента безопасности цепей поставок: учебное пособие / А. Г. Некрасов. Москва: МАДИ, 2010.
9. Построение цепочки создания стоимости: Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: ООО «Юнайтед Пресс», 2009.
10. Шеффи, Й.. Жизнестойкое предприятие: как повысить надежность цепочки поставок и сохранить конкурентное преимущество / Йосси Шеффи. Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс. 2006.
11. Rock, A.. “Strategy vs. Tactics From a Venture Capitalist”, Harvard Business Review, November-December 1987. p. 63.

# SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT OF CROSS-BORDER AREAS

I. Dovbischuk<sup>1</sup>, Hans-Dietrich Haasis<sup>2</sup>

*1 - University of Bremen, Chair of Business*

*2 - Institute of Shipping Economics and Logistics*

*dovbischuk@uni-bremen.de*

Well-connected countries could have access to many more markets and consumers. Otherwise they have relatively high logistics costs and miss the opportunities of globalization. An economy that is interested in the improvement of its connectivity with the rest of the world or at least its neighbors should take care of the sustainable regional development of cross-border areas. Firstly, the paper offers a brief background of cross-border regions. Secondly, it draws shortly China-Russian and China-Vietnam cross-border regions. Thirdly, it gives an overview on scientific research on the issue and summarizes important factors for sustainable regional development in cross-border regions.

## 1. INTRODUCTION

During the 1990s an increasing globalization of markets for services, goods and productive factors caused the reduction of trade barriers as well as a strong increasing of the number of cross-border regions. As it is known, globalization intensifies international division of labor and integration between the markets. One of the liberalization efforts from the side of China has been the open-door policy since 1979. [1] The policy was especially favorable for the foreign direct investment from USA, Japan and Hong Kong. The positive impacts on the neighbor regions by the developed economic zones in mainland and the coastal zones of China have focused the attention of political decision-makers on the potentials of cross-border regions in general.

At the same time a rapid and successful regional development could be observed in a number of cross-border regions around the world: in the 1990s there were about 70 cross-border regions in Europe. [2] A cross-border region is based on the international cooperation and could be defined as “a potential region, inherent in geography, history, ecology, ethnic groups, economic possibilities and so on, but disrupted by the sovereignty of the governments ruling on each side” [3]. The sustainable regional development represents a permanent and sustainable use of a specific spatial space in accordance with the given endogenous and exogenous potentials and constrains [4]. Sustainable regional development in accordance with globalization and regionalization has two interrelated effects on companies and locations within cross-border areas.

The individual companies feel these changes through intensification of competition. For example, they can respond by in-house improvements and

rationalizations. Furthermore, companies also increase demands for the quality of their site. By not satisfaction of desired changes from the side of political decision-makers at site (no “voice”) companies often react with relocation to another site (“exit”), which meets better their needs [5]. Not only changes of national economic conditions in involved countries but especially the reduction of transport costs is crucial for the site quality [6]. This fact has been considered in different theoretical concepts [7, 8, 9]. The provision of transport infrastructure is one of the so called “hard” regional factors. Creating and maintaining of a high quality site is a particular challenge for cross-border regions.

The typical property of cross-border regions from the point of transport and logistics, whatever the neighbor countries are, is the low transport permeability of street and rail infrastructure and/or cutting-up of the natural hinterland for the nearby situated sea-ports. The reduction of these disadvantages in cross-border regions is possible only in cooperation with neighbors.

The countries within the cross-border regions are forced to dare a step across the border to improve their quality location. The cooperation with other countries’ regions includes a potential for the domestic regions from an economic perspective: the efficiency of the provision of transport and logistics services would increase and thus advantages in the international competition between locations could be gained. As the experience of recent decades shows, the cooperation with the foreign neighbors functions not always easily. Against this background, arises the question, what the conditions for sustainable regional development of cross-border regions from the theoretical point of view are.

To answer this question, first, two exemplary selected China-Russian and China-Vietnam cross-border regions will be shown. Subsequently, the state of research about cross-border regions and an insight to conditions of successful cross-border cooperation will be granted.

## **2. CHINA-RUSSIAN AND CHINA-VIETNAMESE CROSS-BORDER REGIONS**

The China-Russian cross-border region has been launched as a part of the ambitious project of the Tumen River Area Development (TRADP). The project was initiated in 1989 by the United Nations as the “future Rotterdam” for the North-East Asia. The involved countries were China, North Korea, South Korea, Russia, Mongolia and Japan. The development of a \$30 billion trade and transport complex with harbors, airports and inland port rail hub has been described as economically very attractive and yet politically extremely complicated. Furthermore, the lion’s share of the funding for the project had to come from outside private investors and foreign assistance agencies [10]. Another concern is of environmental nature: some areas affected by TRADP comprise protected nature reserves.

Since then, the aim to make the area into a free economic zone for trade to push forward cross-border cooperation has been pursued by China, Russia and South Korea (see fig.1). The Changchun Economic and Technology Development Zone was approved five days before 2012 [11].



Figure 1 China-Russian cross-border region in the Tumen River Area [12]

The economic-trade cooperation between the China Autonomous Province Guangxi and the provinces Cao Bang, Lang Son and Quang Ninh in the North-Vietnam has developed rapidly recently (see fig. 2). By reaching over 4 billion USD in 2009 with two-way trade Vietnam has become the Guangxi largest trade partner [13]. Vietnam and China are both interested in developing industrial and border-gate economic zones like those in Pingxiang and Dong Dang [14] and promote the “two corridors, and one economic belt” agreement, which was initiated by the Prime Minister of Vietnam Phan Van Khai in official talks with the Chinese Premier Wen Jiabao in May 2004, focusing on upgrading and constructing highways, railway and sea ports [15]. The agreement covers a road and express railway system: "Nanning (China) – Lạng Sơn – Hanoi – Hai Phong – Quang Ninh" and "Kunming – Lào Cai – Hanoi". The Lào Cai – Hanoi 264 km highway should be ready in 2012 (see fig. 2). In fact, this could be the shortest way for Yunnan province to export and import goods via Vietnam Hai Phong or Cai Lan sea port.

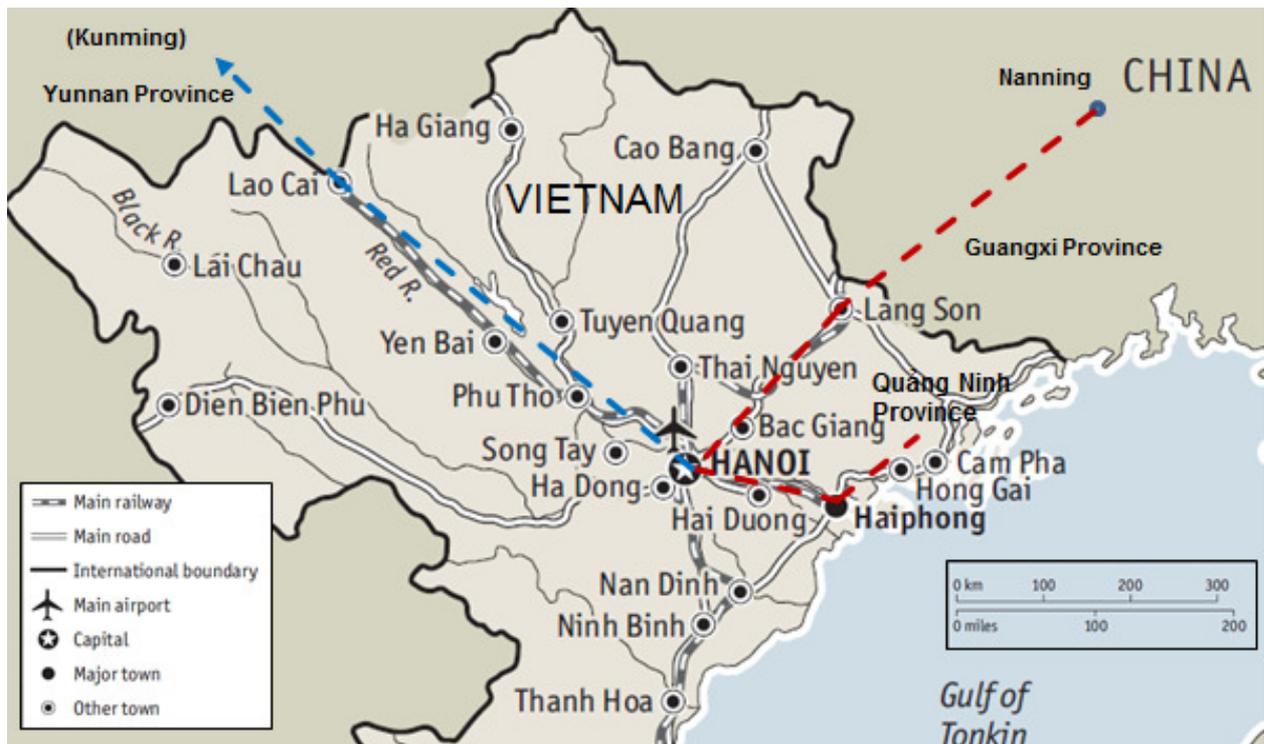


Figure 2 China-Vietnam cross-border region [slightly changed map, 16]

Both shown cross-border regions are strategic important hinterland area for the sustainable regional development of all involved countries. The sea ports like Zarubino, Kraskino (Russia), Sonbong and Rajin (South Korea) as well as Cai Lan and Hai Phong (Vietnam) are crucial gates within infrastructural development inside of the cross-border regions (compare fig. 1 and 2). Improving logistics and transport efficiency has become an important development policy objective as well in the China-Vietnam as in China-Russian cross-border region. Nevertheless, the involved countries have different logistics environments (compare table 1).

Country	LPI Rank	Customs	Infrastructure	International Shipments	Logistics quality and competence	Tracking and Tracing	Timeliness
China	27	32	27	27	29	30	36
Vietnam	53	53	66	58	51	55	76
Russia	94	115	83	96	88	97	88
Germany	1	3	1	9	4	4	3

Table 1 Logistics Performance Index [17]

Barriers for efficient transport and logistics include factors like high freight costs, delays in customs clearance, slow port handling, and poor governance. An international comparison of logistics performance found, that the East Asia countries perform relatively well compared with the other developing regions like e.g. Russia, but still lag well behind high-income countries like e.g. Germany.

### **3. CONDITIONS FOR SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT IN CROSS-BORDER REGIONS**

Despite the fact that border zones could be also considered as a “barrier” or “frontier” [18], the interest of scientists of various disciplines like political and administrative science, geography and economy on border zones as a “zone of contact” [18] has risen sharply.

Most of the published studies on cross-border regions have emerged from a political science background and EU enlargement. These include, for example, the work of Ratti/Reichmann [19], Beck [20], Blatter [21], Perkmann [2], and Niebuhr [22]. All the studies did an inventory of the emergence, forms and further development of cross-border cooperation mostly within European Union and candidate countries. The last three authors investigated the contribution of cross-border regions to the European integration process. Reich/Reichmann and Blatter worked out the specific characteristics of cross-border regions, etc. First, a relatively less amount of attention was devoted to the cross-border cooperation outside Europe. Then, these works used overly the experience and knowledge about the development of border zones in Europe [23].

Furthermore, a huge variety of theoretical approaches for successful regional development in border zones has been generated in different scientific disciplines. Clustering of transport and logistics activity is well accepted. Nevertheless, clustering studies are rarely combined with a cross-border element. Reviewing cluster theories [24, 25] in the context of border regions certain difficulties raise from the point of cluster management and development. We argue that an intervening border might constrain interactions between actors on two or more sides of the border: particularly negative border effects could exist perhaps not just by the physical existence of a border but also by historical, cultural and lingual factors. We assume that, of course, such barriers could affect business interaction and networking within cross-border areas, but, at the same time, in the case of the good motivation for cooperation of different involved actors from politics, economy and science would diminish the visibility of the border. That’s why the availability of an institution to fulfill the regional capacity to lead and motivate actors as well as such factors is crucial. Such neutral associations can take on collective functions and help capture spillovers and linkages within the cross-border region driven by transport and logistics.

One special attention should be paid to the, overly economically justified, investment in cluster-specific assets like knowledge transfer and generation capability. The so called triple helix relationship between industry, research and local public authorities or government agencies has considered being very important for the sustainable regional development of European regions.

Especially policy makers in cross-border regions should let link the national networks and provide more appropriate assistance to business and research actors. The transportation flows are otherwise delayed by bureaucratic practices within borders. For example, the Chinese and Vietnamese government’s quota

for simultaneous trucks to be in each other's country is 500 at the moment. Logistics companies in Vietnam should trans-load their cargo at the border gate which has poor facilities. This leads to 6-8 hours longer transportation time as well as transportation costs and, of course, negative impact on environment.

#### **4. CONCLUDING REMARKS AND FUTURE RESEARCH**

Cross-border regions cannot develop without adequate transportation links across the borders. Otherwise the transportation bottlenecks or incompatibility could limit trade and development in cross-border regions.

There is significant potential in reviewing and analyzing the specific factors of sustainable regional development in cross-border regions driven by transport and logistics. The cluster management in cross-border regions may boost the level of regional competitiveness and learning. The successful application of cluster strategies may depend on the knowledge and competence of the research actors in the region. The level of understanding of the cluster management should be brought to all the stakeholders involved. This task has the research entity within the cross-border region. Furthermore, as a donor initiator of cluster management, the research entity could improve trust between other actors within the region.

#### **5. REFERENCES**

1. Fischer, W. China and Opportunities for Economic Development through Technology Transfer. Tamir Agmon and von Glinow Marry Ann. *Technology Transfer in International Business*. New York: Oxford Press, pp. 159-175, 1991.
2. Perkmann, M. Cross-border regions in Europe: significance and drivers of regional cross-border co-operation. *European Urban and Regional Studies*. Vol. 10, pp. 153-171, 2003.
3. CoE. *Manuel de coopération transfrontalière à l'usage des collectivités locales et régionales en Europe*. Strasbourg : Council of Europe, 1995.
4. Bauer, S., Abresch, J.-P. and Steuernagel, M. Gesamtinstrumentarium zur Erreichung einer umweltverträglichen Raumnutzung. *Materialien zur Umweltforschung*. Stuttgart: Metzler-Poeschel, No 26, 1996.
5. Hirschman, A. *Exit, Voice and Loyalty. Responses to Decline in Firms, Organizations, and States*. Cambridge : Harvard University Press, 1970.
6. Krugman, P. *Development, Geography, and Economic Theory*. Cambridge : MIT Press, 1995.
7. Weber, A. *Über den Standort der Industrien*. Erster Teil: : Reine Theorie des Standorts. Tübingen: Mohr, 1909
8. Hoover, E. M. Jr. *Location Theory and the Shoe and Leather Industries*. Cambridge: Harvard University Press, 1937.
9. Coase, R. H. The Nature of the Firm. In: *Economica*. Vol. 4, pp. 386-405, 1937.
10. Lee, S.J. *Tumen River Area Development Project: The Political Economy of Cooperation in Northeast Asia*. Seoul: Sejong Institute, 1994.
11. An, A. *China approves new bonded zone in Tumen River Delta*. Downloaded on 25.02.2012 ([http://news.xinhuanet.com/english/china/2011-12/26/c\\_131327808.htm](http://news.xinhuanet.com/english/china/2011-12/26/c_131327808.htm)), 2011.

12. Artl, W. *Entwicklung und Entwicklungsprobleme der Politik, Wirtschaft und Verkehrsinfrastruktur des Tumen River Economic Development Area (TREDA) in Nordostasien 1999-2000*, Berlin: Freie Universität Berlin, 2001.
13. Vietnam Ministry of Planning and Investment Portal. *Vietnam, Guangxi sign 54 cooperation projects*. Downloaded on 28.02.2012 ([http://www.mpi.gov.vn/portal/page/portal/mpi\\_en/32343?p\\_page\\_id=1&pers\\_id=417323&folder\\_id=418722&item\\_id=15103042&p\\_details=1](http://www.mpi.gov.vn/portal/page/portal/mpi_en/32343?p_page_id=1&pers_id=417323&folder_id=418722&item_id=15103042&p_details=1)), 2010.
14. Vietnam Business News. *Guangxi to build cross-border economic cooperation zone*. Downloaded on 28.02.2012 (<http://vietnambusiness.asia/guangxi-to-build-cross-border-economic-cooperation-zone/>), 2010.
15. Vietnam Diplomatic Missions. *PM Nguyen Tan Dung visits China's Guangxi*. Downloaded on 28.02.2012 ([http://www.vietnamembassy-bangladesh.org/en/vnemb.vn/tin\\_hddn/ns0710300\\_90314/](http://www.vietnamembassy-bangladesh.org/en/vnemb.vn/tin_hddn/ns0710300_90314/)), 2011.
16. The economist Intelligence Unit Limited. *Vietnam*. Country Report March 2011. Downloaded on 28.02.2012, 2011.
17. The World Bank. *Connecting to compete: Trade Logistics in the Global Economy*. Washington: The World Bank, 2010.
18. Ratti, R. How can existing barriers and border effects be overcome? A theoretical approach. R. Cappelin and P. J. W. Batey. *Regional networks, Border Regions and European Integration*. London: Pion, pp. 60-69, 1993.
19. Ratti, R and Reichman.S. *Theory and Practice of Transborder Cooperation*. Basel/Frankfurt am Main: Helbing & Lichtenhanh, 1993.
20. Beck, J. *Netzwerke in der transnationalen Regionalpolitik: Rahmenbedingungen, Funktionsweisen, Folgen*. Baden-Baden: Nomos, 1997.
21. Blatter, J. Explaining Crossborder Cooperation: A Border-Focused and Border-External Approach, *Journal of Borderland Studies*. Vol. 12, pp. 151-174, 1997.
22. Niebuhr, A. *The Impact of EU Enlargement on European Border Regions*, HWWA Discussion Paper, Hamburg: Institute of International Economics, No 330, 2005.
23. Wu, C.-T. Cross-border development in Europe and Asia. *GeoJournal*, Vol 44, No 3, 1998.
24. Haasis, H.-D., Elbert, R. Bringing regional networks back-into global supply chains: Strategies for logistics service providers as integrators of logistics clusters. Kersten W., Blecker T., Flämig H., *Global Logistics Management*. Berlin, pp. 21-31, 2008.
25. Haasis, H.-D., Landwehr, T. *Mesologistik: Systemoptimierung am Standort und in der internationalen Kette*. Bremen: Kieserling Stiftung, 2009.

# PUBLIC PRIVATE PARTNERSHIP-LÖSUNGEN BEI DER FINANZIERUNG VON VERKEHRS- UND LOGISTIKINFRASTRUKTUR

**Joachim R. Daduna**

*Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, Deutschland*

*E-Mail: daduna@hwr-berlin.de*

**Abstract:** Efficient logistic facilities are of increasing importance for the design of logistic structures. Here they do not only serve the traditional function of warehousing but also constitute an essential element to control the flow of goods especially in multi-modal processes. As logistic facilities should not only be viewed in terms of economic aspects but also under regional planning and structural aspects, it is appropriate to include public institutions in this context. Financial participation enables public institutions to engage actively in the planning and design process of such investment decisions with the objective of realizing public interests. In the following basic of private financing models will be discussed at first. Subsequently existing and potential applications of *Public Private Partnership* (PPP) concepts will be presented. On this basis possible approaches are developed and critically discussed.

**Zusammenfassung:** Leistungsfähige Logistikeinrichtungen sind bei der Gestaltung logistischer Strukturen von zunehmender Bedeutung. Sie haben hierbei nicht nur die klassische Funktion der Zeitüberwindung innerhalb von Transportprozessen, sondern sie bilden insbesondere in multi-modalen Abläufen auch ein wesentliches Element zur Steuerung der Güterflüsse. Da Logistikeinrichtungen nicht nur unter ökonomischen Aspekten zu betrachten sind, sondern auch unter raumplanerischen und strukturellen Gesichtspunkten, bietet es sich in diesem Zusammenhang an, öffentliche Institutionen einzubeziehen. Eine (finanzielle) Beteiligung ermöglicht es diesen, aktiv in die Planung und Gestaltung solcher Investitionsentscheidungen einzugreifen, mit dem Ziel, öffentliche Interessen wahrzunehmen. In den folgenden Ausführungen wird zunächst auf Grundformen privatwirtschaftlicher Finanzierungsmodelle eingegangen. Anschließend werden bestehende und potenzielle Anwendungen von *Public Private Partnership* (PPP)-Konzepten im Bereich Verkehr und Logistik vorgestellt. Hiervon ausgehend werden mögliche Lösungsansätze entwickelt und kritisch diskutiert.

## 1. FINANZIERUNG VON VERKEHRS- UND LOGISTIKINFRASTRUKTUR

Die Verfügbarkeit einer ausreichend leistungsfähigen *Verkehrsinfrastruktur* ist eine essentielle Voraussetzung, für *funktionierende Marktstrukturen* und ein *nachhaltiges Wirtschaftswachstum*. So stellte schon Launhardt (1885: 160f) fest, dass (...) die Verbesserung der Verkehrsmittel (...) dem teureren Gute gefährlich (ist), es verliert den wirksamsten aller Schutzzölle, den Schutz schlechter Wege. ... Rammler (2003) spricht von den (...) Verkehrsinfrastrukturen (...) (die) gewissermaßen das Skelett und das Nervensystem der modernen industriellen Wachstumsgesellschaften (...) bilden. Aus diesen Gründen wird, abgesehen von einigen wenigen Ausnahmen, das Bereitstellen der Verkehrsinfrastruktur als eine

der wesentlichen Kernaufgaben im Rahmen der öffentlichen *Daseinsvorsorge* betrachtet (s. u.a. Aberle 2009: 127ff). Außerdem handelt es sich hier auch um ein (politisches) Instrument der *Struktur- und Raumentwicklungsplanung*, nicht nur auf der nationalen Ebene (s. u.a. Stender-Vorwachs 2005: 35ff; Gather et al. 2008: 71ff), sondern auch zunehmend in der *Europäischen Union* (EU) (s. u.a. Dionelis / Giaoutzi 2008). Hier bildet u.a. die Entwicklung grenzüberschreitender Verkehrsinfrastruktur ein zentrales Element der Kohäsionspolitik.

Allerdings zeigen sich aufgrund *begrenzter öffentlicher Haushaltsmittel* zunehmende Probleme bei der öffentlichen *Infrastrukturfinanzierung*, so dass immer mehr die Bereitstellung privater Mittel als Alternative diskutiert wird (s. u.a. Daduna 2009). Dieser Weg ist aber aus verschiedenen Gründen verkehrs- und haushaltspolitisch nicht unumstritten. Dies betrifft einerseits Modelle mit einer nutzungsabhängigen Refinanzierung sowie andererseits Vorfinanzierungsmodelle mit langfristig ausgelegten Rückzahlungen durch die öffentlichen Aufgabenträger.

Bei der Finanzierung der *Logistikinfrastruktur*, wie beispielsweise Güterverkehrseinrichtungen sowie Umschlag- und Lagereinrichtungen, zeigt sich ein vollkommen anderes Bild. Hier sind es private Investoren, in deren Zuständigkeit die Finanzierung und Realisierung aber auch das wirtschaftliche Risiko liegen. Der Betrieb der Einrichtung kann in eigener Verantwortung erfolgen, oder durch eine Betreibergesellschaft. Ausgenommen sind unmittelbar in die einzelnen (öffentlichen) Verkehrsnetze integrierte Einrichtungen, wie zum Beispiel (*Güter-*)*Bahnhöfe*, die im Rahmen einer Gesamtnetzstruktur entwickelt und betrieben werden und damit auch in diese Finanzierungsstrukturen eingebunden sind.

Logistikeinrichtungen stellen heute nicht nur wichtige Elemente effizienter *Supply Chains* dar, sondern sie müssen in vielen Fällen auch als raumplanerische und strukturpolitische Instrumente gesehen werden. Hieraus ergibt sich die Frage, inwieweit in diesem Marktsegment eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen *öffentlichen Aufgabenträgern* und den entsprechenden (*Logistik-*)*Unternehmen* sinnvoll sein kann, um im Güterverkehr nachhaltige Strukturen aufzubauen. In diesem Zusammenhang spielen *Public Private Partnership* (PPP)-*Konzepte* eine wichtige Rolle (s. u.a. Allen et al. 2010), die oft auch (zum Teil sehr undifferenziert) als ideale Lösung der Probleme bei den öffentlichen Haushalten präsentiert werden. Ziel der folgenden Ausführungen ist es deshalb, aufzuzeigen, was unter PPP-Anwendungen zu verstehen ist und welche Formen einer Nutzung dieser Strukturen möglich und sinnvoll sind.

## **2. MODELLE PRIVATWIRTSCHAFTLICHER FINANZIERUNG**

Sowohl in der wissenschaftlichen Diskussion als auch in der Praxis existiert eine Reihe von privatwirtschaftlich ausgerichteten Finanzierungsmodellen, u.a. in Verbindung mit der Erstellungen von Leistungen im Bereich der Verkehrsinfra-

frastruktur. Wesentliche Aspekte sind hierbei der Grad der Privatisierung, d.h., in welchem Umfang kommt es zu Veränderungen in den Eigentumsverhältnissen (beispielsweise bei Immobilien der öffentlichen Hand) und wie ist die Kooperation zwischen öffentlicher (staatlicher) Seite und privaten, am Markt agierenden Unternehmen formal und inhaltlich ausgestaltet. Unterschieden wird (s. u.a. Rösch 2007: 63ff) zwischen einer *Vermögensprivatisierung* (u.a. durch einem Verkauf öffentlicher Immobilien) sowie einer *materiellen, funktionalen und formalen Privatisierung*. Eine kritische Analyse zeigt, dass lediglich bei einer funktionalen Privatisierung eine Kooperation in Verbindung mit privatwirtschaftlichen Finanzierungsformen auftreten kann. Bei einer Vermögensprivatisierung sowie bei einer materiellen Privatisierung erfolgt ein vollständiger (rechtlicher) Übergang in eine privatwirtschaftlich ausgerichtete Struktur, während bei der formalen Privatisierung lediglich die *Rechtsform* verändert wird und weiterhin eine öffentlich-rechtliche Zuordnung bestehen bleibt (s. u.a. Daduna 2009).

Die Formen einer funktionalen Privatisierung weisen zum Teil sehr unterschiedliche Strukturen auf (s. u.a. Daduna 2009; Alfen / Berckhahn 2012), wobei mit Blick auf die Finanzierung von Maßnahmen im Bereich Verkehrsinfrastruktur und logistischer Einrichtungen drei Modellansätze im Vordergrund stehen:

■ *Vorfinanzierungsmodelle:*

Hierbei handelt es sich um eine privatwirtschaftliche Vorfinanzierung von Investitionsmaßnahmen, bei denen die Auftragnehmer (in bestimmten Fällen auch ein Konzessionsnehmer) die Projektplanung und -realisierung übernehmen (s. u.a. Stender-Vorwachs 2004: 296ff; Aberle 2009: 164f). Die grundsätzliche Verantwortlichkeit verbleibt auf der staatlichen Seite, die auch anschließend für Betrieb und Unterhaltung zuständig ist. Die Zahlungen für die erbrachten Leistungen erfolgen durch den Staat in festgelegten Raten über einen entsprechend zu vereinbarenden Zeitraum, so dass auch von Ratenkaufmodellen gesprochen wird. Ähnlich sehen die Vorgehensweisen bei Leasing- oder Fondsfinanzierungsmodellen aus, bei denen auch steuerliche Aspekte einbezogen sind (s. u.a. Stender-Vorwachs 2004: 293ff). Die Wirksamkeit dieser Modelle wird allerdings zum Teil sehr kritisch beurteilt (s. u.a. Haßheider 2005: 55ff), u.a. mit Blick auf die Risikoverlagerung zu Lasten des Staates und die rechtliche Frage einer (faktischen) Verlagerung von Investitionsaufwendungen in spätere Haushaltsjahre.

■ *Betreibermodelle:*

Hier erfolgt nicht nur die Planung und Realisierung durch private Unternehmen, sondern auch der *Betrieb* und die *Unterhaltung*, wobei die Refinanzierung der investiven Aufwendungen sowie die Abdeckung der Betriebskosten in der Regel im Rahmen von *Konzessionsverträgen* über entsprechende Nutzungsentgelte vorgenommen wird (s. u.a. Stender-Vorwachs 2004: 300ff; Haßheider 2005: 57ff; Aberle 2009: 165f). Koenig et al. (2004: 427ff) spre-

chen in diesem Zusammenhang von *Konzessionsmodellen*, während das *Betreibermodell* (s. Koenig et al. 2004: 392ff) auf Fälle beschränkt wird, in denen die Einnahmen des Betreibers nicht durch Nutzungsentgelte, sondern durch ein für einen definierten Zeitraum festgelegtes *Betreiberentgelt* erfolgt. Die *grundsätzliche Verantwortlichkeit* der betreffenden Aufgabenstellungen verbleibt auch in diesem Fall auf Seiten des Staates, wobei nach Ablauf einer festgelegten Nutzungsdauer die (projektbezogen erstellten) Anlagen in staatliches Eigentum übergehen, so dass hier von *Build-Operate-Transfer* (BOT)-*Modellen* gesprochen wird. In bestimmten Fällen kann auch ein Eigentumsübergang an den (privaten) Auftragnehmer erfolgen, so dass dann *Build-Operate-Own* (BOO)-*Modelle* vorliegen. Bei beiden Formen liegt das Risiko weitgehend auf der Betreiberseite, häufig aber reduziert mit einer Absicherung durch Ausgleichs- und Ausstiegsmöglichkeiten.

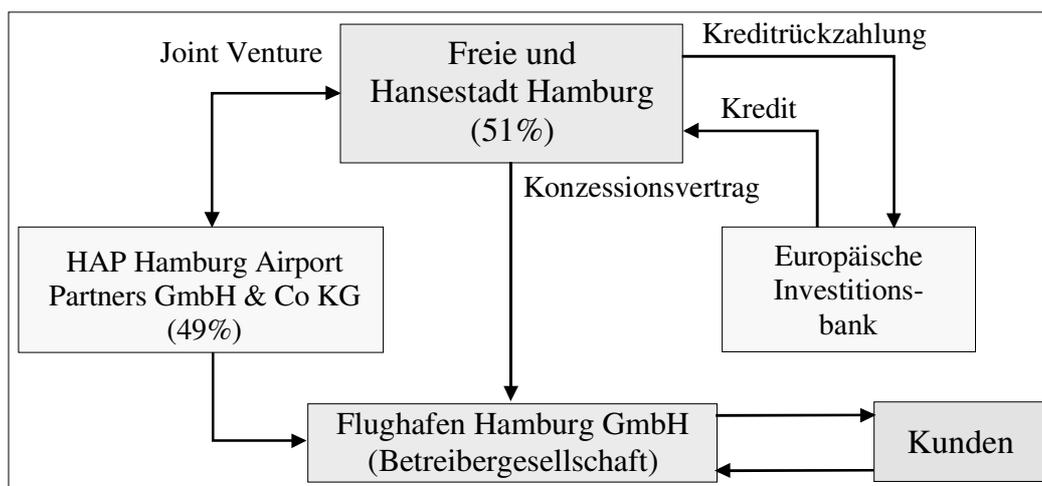
■ *Public Private Partnership-Modelle:*

Bei PPP-Lösungen, die in verschiedenen Formen zur Anwendung kommen können (s. u.a. Budäus 2006; Daduna 2009; Alfen / Berckhahn 2012), liegt (in der Regel) eine Mischfinanzierung von Maßnahmen vor, bei der private Unternehmen *und* öffentliche Institutionen einbezogen sind (s. u.a. Koenig et al. 2004: 355ff; Ziekow 2006; Oppen / Sack 2008; Aberle 2009: 166). Ausgangspunkt ist in der Regel die Bildung einer (Projekt-)Gesellschaft, wobei häufig die Anteile mehrheitlich bei privaten Investoren liegen, aber durch die Beteiligung öffentlicher Institutionen eine staatliche Einflussnahme sichergestellt ist. Diese Vorgehensweise ist im Sinne einer (funktionalen) Teilprivatisierung (s. u.a. Koenig et al. 2004: 357) öffentlicher Leistungen mit einem Aufgabenübergang zu verstehen, die ohne eine zeitraumbezogene Begrenzung ausgelegt ist. Ziel ist es, die privaten Investitionen durch Nutzungsentgelte zu refinanzieren, so u.a. durch eine (projektbezogene) Gebührenerhebung. Verschiedene Beispiele für PPP-Lösungen aus dem Bereich Verkehrsinfrastruktur sind u.a. bei Kamella (2006: 16ff) und Daduna (2009) beschrieben. Bei derartigen Ansätzen, die sehr unterschiedlich konzipiert sein können, bietet sich außerdem eine Verbindung mit fallspezifisch konzipierten Betreibermodellen an (s. oben).

Betrachtet man die Struktur der *Vorfinanzierungs-* und *Betreibermodelle* zeigt sich, dass bei diesen keine *Kooperation* im eigentlichen Sinne stattfindet, sondern eine *Auftraggeber / Auftragnehmer-Beziehung* vorliegt. Die Einflussnahme auf der öffentlich-rechtlichen Seite beschränkt sich auf die Ausschreibung und Vergabe sowie die Kontrolle der Leistungserstellung (und bei Mängeln in der Vertragserfüllung auch auf vertraglich vereinbarte Sanktionen). PPP-Modelle bieten dagegen bei einer entsprechenden vertraglichen Gestaltung erheblich mehr Möglichkeiten für die öffentlich-rechtliche Seite aktiv mitzubestimmen.

### 3. ANWENDUNG VON PUBLIC PRIVAT PARTNERSHIP-LÖSUNGEN

Bei der derzeit praktizierten privatwirtschaftlichen Finanzierung im Bereich der *Netzinfrastruktur*, insbesondere beim Bau und Ausbau von Fernstraßen (s. u.a. Beckers 2005: 179ff; Sack 2011) und Sonderbauwerken für den Straßenverkehr (s. u.a. Kamella 2006: 61ff), kommen Konzessionsmodelle in der Form von BOT-Lösungen zur Anwendung. Dagegen sind bei der Finanzierung von (verkehrlichen und logistischen) *Einrichtungen*, die nicht unmittelbar als Bestandteil der öffentlichen Daseinsvorsorge anzusehen sind, häufiger PPP-Modelle anzutreffen. Ein typisches und auch erfolgreiches Beispiel ist das Vorgehen beim Ausbau des *Hamburger Flughafens*. Hier erfolgte im Rahmen einer *Teilprivatisierung* ein Ausbau der bestehenden Flughafeninfrastruktur (u.a. mit dem Neubau eines Terminals und der Erstellung einer Anbindung an das S-Bahnnetz) (s. u.a. Kamella 2006: 107ff). Die zugrunde liegende Struktur dieses Organisations- und Finanzierungsmodells zeigt Abbildung 3.1. Im Luftfahrtbereich existieren weitere Beispiele, die von Unternehmen aus der Baubranche (so beispielsweise über die *Hochtief AirPort* (HTA) mit u.a. den Flughäfen Athen, Budapest, Sydney und Tirana) sowie von Finanzinvestoren (so beispielsweise über die *Macquarie Airport Group* (MAG) mit u.a. den Flughäfen Bristol, Brüssel und Kopenhagen) (s. u.a. Graham 2008: 55ff) ausgehen.



**Abb. 3.1:** Struktur des PPP-Modells Flughafen Hamburg

Diese Grundstruktur eines PPP-Ansatzes bietet sich auch für die Realisierung von logistischen Einrichtungen an, bei denen Planung, Finanzierung, Bau und Betriebsdurchführung bisher nur im privatwirtschaftlichen Rahmen erfolgt ist. Neben Beispielen in der *Hafenwirtschaft* (s. u.a. Vining / Boardman 2008), sind dies *Güterverkehrseinrichtungen* mit Lager- und Umschlagsfunktion, insbesondere im Rahmen der Gestaltung *multimodaler Transportabläufe*. Im Vordergrund stehen hierbei *überregionale* und *regionale Güterverkehrszentren* (GVZ) (s. u.a. Schulte 2009: 201ff; Sack 2011) sowie *City-Terminals* bzw. *Urban Distribution Centers* (UDC) (s. u.a. Russo / Comi 2010).

Eine solche kooperative Vorgehensweise ist darin begründet, dass die Festlegung der Standorte für solche Einrichtungen nicht nur unter ausschließlich *wirtschaftlichen Gesichtspunkten* erfolgen kann und darf, sondern es müssen auch *raum- und strukturpolitische Aspekte* einbezogen werden. Da es sich bei diesen um originäre öffentlich-rechtliche Aufgabenstellungen handelt, lässt sich die Notwendigkeit einer unmittelbaren Einflussnahme der zuständigen Entscheidungsträger ableiten, die allerdings in einer geeigneten Form institutionalisiert werden muss. Eine mögliche Vorgehensweise ist auch hier der Aufbau von fallspezifisch ausgerichteten PPP-Lösungen. In dieser Situation steht eindeutig die Durchsetzung öffentlicher Interessen bei der Gestaltung logistischer Abläufe im Vordergrund, nicht aber der bei der Bewertung (auch rechtlich vorgeschriebene) Vergleich der *Wirtschaftlichkeit* bei *interner* und *externer Leistungserstellung* (s. u.a. Weber et al. 2006; Daduna 2009).

#### 4. MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN

Mit Blick auf die Funktion von logistischen Einrichtungen sind bei deren Errichtung eine Reihe von (nicht immer konfliktfreien) Zielsetzungen zu berücksichtigen. Diese resultieren aus den häufig divergierenden Interessen der Beteiligten, wobei insbesondere erwerbswirtschaftlichen Überlegungen im Widerspruch zu den Vorgaben einer raumplanerischen Gestaltung stehen können. Aus diesem Grund muss die öffentliche Einflussnahme in erster Linie in Verbindung mit *Standortentscheidungen* erfolgen, u.a. durch das Einbringen der benötigten Flächen in eine PPP-orientierte Kooperation. Vorteilhaft ist hierbei außerdem, dass die finanziellen Belastungen der betroffenen öffentlichen Haushalte durch eine Sacheinlage vergleichsweise gering gehalten werden können. Bei der *strukturellen Gestaltung* des PPP-Ansatzes kann von zwei Grundmodellen ausgegangen werden:

- Gründung einer Gesellschaft (in der Form eines Joint Ventures mit staatlicher Beteiligung), die für die *Infrastruktur* (als Eigentümerin) und die *Betriebsdurchführung* zuständig ist.
- Gründung einer *Infrastrukturgesellschaft* (in der Form eines Joint Ventures mit staatlicher Beteiligung), die für Finanzierung und Bau zuständig ist. Die *Betriebsdurchführung* erfolgt durch eine (*unabhängige*) *Betreibergesellschaft*, die im Rahmen einer Ausschreibung (zeitlich befristet) ausgewählt wird.

Die erste Variante kann unter Umständen aus wettbewerbsrechtlichen Überlegungen problematisch sein, wenn das neu gegründete Unternehmen in einem definierten Marktgebiet eine Monopolstellung haben sollte. Diese Problematik tritt dagegen bei der zweiten Variante nicht auf, da die Verantwortlichkeit für die Infrastruktur und die operative Betriebsdurchführung formal und rechtlich getrennt sind und ein Vergabeverfahren durchgeführt wird.

Die Errichtung von logistischen Einrichtungen auf der Basis von PPP-Modellen muss als sinnvolle Lösung bei der Entwicklung und Gestaltung überregionaler

sowie auch regionaler Logistikstrukturen angesehen werden. Allerdings darf nicht davon ausgegangen werden, dass grundsätzlich ein positives Ergebnis erreicht wird. Die Praxis zeigt vielmehr, dass nicht immer alle Projekte erfolgreich realisiert werden (können) (s. u.a. Vining / Boardman 2008; Leruth 2009), da mögliche Risiken unterschätzt und damit nicht ausreichend berücksichtigt werden. Kritisch sind insbesondere die folgenden Punkte:

- Risiken bei der (technischen) Realisierung (u.a. durch Kostenüberschreitungen und mangelhafte Ausführung).
- Finanzielle Risiken bei Veränderungen auf den Finanzmärkten.
- Falsche Einschätzung der Nachfrage (mit negativen Auswirkungen bei einer nutzerabhängigen Refinanzierung).
- Risiken durch Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen.

Hinzu kommt die *Komplexität* der *Kooperationsstrukturen*, die häufig ein nicht zu unterschätzendes *Konfliktpotenzial* beinhaltet, und die auch zu erhöhten *Transaktionskosten* führt, durch die unter Umständen kooperationsbedingte (finanzielle) Vorteile überkompensiert werden.

## **5. FAZIT UND AUSBLICK**

Mit Blick auf die auch in den kommenden Jahren weiter steigende Nachfrage im Güterverkehr ist es zwingend notwendig, für den Güterverkehr eine leistungsfähige Infrastruktur bereitzustellen. Dies betrifft nicht nur die verkehrsträgerbezogene Netzinfrastuktur, sondern zunehmend auch die logistischen Einrichtungen, die als ein wesentlicher Bestandteil für eine effiziente Gestaltung und Steuerung der Güterflüsse erforderlich sind. Um ein ausreichendes Leistungsniveau zu erreichen, ist aufgrund divergierender und häufig auch lokal ausgerichteter Interessen eine *überregionale* (und in vielen Fällen auch *grenzüberschreitende*) *Koordination* notwendig, die in der notwendigen Form nur auf der staatlichen Ebene realisierbar ist.

Während die Verantwortlichkeit im Bereich der Netzinfrastuktur weitgehend unstrittig als staatliche Aufgabe (im Rahmen der öffentlichen Daseinsvorsorge) verstanden wird, ist der Bereich der logistischen Einrichtungen sehr stark durch privatwirtschaftliche Strukturen geprägt. Da es u.a. auch aus rechtlichen Gründen wenig Sinn macht, dass öffentliche Institutionen als Dienstleister im Logistikmarkt tätig werden, müssen andere Formen der Einflussnahme genutzt werden. Diese bieten sich, wie die Ausführungen zeigen, u.a. in Form von PPP-Modellen an, auch wenn diese nicht unumstritten sind. Sie sind in keinem Fall ein (finanzpolitisches) Allheilmittel, obwohl immer wieder versucht wird, diesen Eindruck zu erwecken. Allerdings stellen sie eine geeignete Lösung dar, um die *verkehrspolitischen Ziele* mit den *strukturellen* und *wirtschaftlichen Anforderungen* zu verknüpfen, damit die Nachhaltigkeit der logistischen Strukturen gewährleistet werden kann.

## LITERATUR

1. Aberle, G (2009): Transportwirtschaft. 5., überarb. u. erg. Aufl. (Oldenbourg) München / Wien
2. Alfen, H.W. / Barckhahn, S. (2012): PPP and infrastructure. in: Just, T. / Maennig, W. (eds.): Understanding German real estate markets. (Springer) Berlin / Heidelberg, 387 - 403
3. Allen, J. / Browne, M. / Woodburn, A. (2010): Integrated transport policy in freight transport. in: Givoni, M. / Banister, D. (eds.) Integrated transport - From policy to practice. (Routledge) London / New York, 75 - 95
4. Beckers, T. (2005): Die Realisierung von Projekten nach dem PPP-Ansatz bei Bundesfernstraßen. Diss., Fakultät Wirtschaft & Management der Technischen Universität Berlin
5. Budäus, D. (2006): Public Private Partnership - Kooperationsbedarfe, Grundkategorien und Entwicklungsperspektiven. in: Buäus, D. (Hrsg.): Kooperationsformen zwischen Staat und Markt. (Nomos) Baden-Baden, 11 - 28
6. Daduna, J.R. (2009): Public Private Partnerships - Zwischen Wunschdenken und Realität. in: Daduna, J.R. / Haid, S. / Walther, M. / Zeitzen, M. (Hrsg.): Public Private Partnership - Erfahrungen, Erfolge und Perspektiven. (Konrad-Adenauer-Stiftung e.V.) St. Augustin / Berlin, 13 - 84
7. Dionelis, C. / Giaoutzi, M. (2008): The enlargement of the European Union and the emerging new TEN transport patterns. in: Giaoutzi, M. / Nijkamp, P. (eds.): Network strategies in Europe - Developing the future for transport and ICT. (Ashgate) Aldershot / Burlington, 119 - 132
8. Gather, M. / Kagermeier, A. / Lanzendorf, M. (2008): Geographische Mobilitäts- und Verkehrsforschung. (Bornträger) Berlin / Stuttgart
9. Graham, A. (2008): Managing airports - An international perspective. 3rd ed. (Butterworth-Heinemann / Elsevier) Amsterdam et al.
10. Haßheider, H. (2005): Die Bereitstellung überregionaler Straßeninfrastruktur. (Vandenhoeck & Rupprecht) Göttingen
11. Kamella, H. (2006): Erfolgsfaktoren und Bewertungsmöglichkeiten von PPP-Projekten für Verkehrsinfrastruktur. (Gutachten im Auftrag des Deutschen Verkehrsforums) Berlin
12. Koenig, C. / Kühling, J. / Theobald, C. (2004): Recht der Infrastrukturförderung. (Recht und Wirtschaft) Heidelberg
13. Launhardt, W. (1885): Mathematische Begründung der Volkswirtschaftslehre. Neudruck der Ausgabe Leipzig (Scientia) Aalen 1968
14. Leruth, L.E. (2009): Public-private cooperation in infrastructure development - A principal-agent story of contingent liabilities, fiscal risks, and other (un)pleasant surprises. in: Network and Spatial Economics, DOI 10.1007/s11067-009-9112-0
15. Oppen, M. / Sack, D. (2008): Governance und Performanz - Motive, Formen und Effekte lokaler Public Privat Partnerships. in: Schuppert, G.F. / Zürn, M. Hrsg.): Governance in einer sich wandelnden Welt. (VS Verlag für Sozialwissenschaften) Wiesbaden, 259 - 281
16. Rammler, S. (2003): Güter, Gleise und Gewinne - Soziologische Anmerkungen zur Wachstumslogik des modernen Güterverkehrs. in: Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.): Gesamtverkehrsforum 2003. (VDI) Düsseldorf, 21 - 36
17. Rösch, A. (2007): Das A-Modell im Bundesautobahnbau. (Lang) Frankfurt a.M. et al.
18. Russo, F. / Comi, A. (2010): A classification of cit logistics measures and impacts. in: Procedia Social and Behavioral Science 2, 6355- 6365
19. Sack, D. (2011): Governance failures in integrated transport policy - On the mismatch of 'co-opetition' in multi-level systems. in: German Policy Studies 7(2), 43 - 70
20. Schulte, C. (2009): Logistik - Wege zur Optimierung der Supply Chain. 5., überarb. u. erw. Aufl. (Vahlen) München
21. Stender-Vorwachs, J. (2005): Staatliche Verantwortung für gemeinverträglichen Verkehr auf Straße und Schiene nach deutschem und europäischen Recht. (Nomos) Baden-Baden
22. Weber, M. / Moß, O. / Rarzych, A. (2006): Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen als Erkenntnis- und Entscheidungsprozess. in: Weber, M. / Schäfer, M. / Hausmann, F.L. (Hrsg.): Handbuch Public Private Partnership. (Beck) München, 499 - 597
23. Ziekow, J. (2006): Public Privat Partnership als zukünftige Form der Finanzierung und Erfüllung öffentlicher Aufgaben. in: Hill, H. (Hrsg.): Die Zukunft des öffentlichen Sektors. (Nomos) Baden-Baden, 49 - 60

# ЛОГИСТИКА И МИРОВЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КРИЗИСЫ

Б.А. Аникин, И.С. Попова

*Государственный Университет Управления*  
*guu\_logistika@mail.ru*

Мировой экономический кризис коснулся каждой страны мира и каждого жителя на Земле. В статье предлагается логистический механизм исследования причин мирового экономического кризиса на основе анализа логистической кривой и интеграции материального и финансового потоков, приводится содержание этих причин и направления преодоления экономических кризисов в будущем.

## LOGISTICS AND WORLD ECONOMIC CRISES

Boris Anikin, Irina Popova

*State University of Management*  
*E-mail: guu\_logistika@mail.ru*

World economic crisis has concerned of every country and of every inhabitant on earth. In clause logistics mechanism of world economic crisis reasons investigation on the basis of logistics curve analysis and material and financial flows integration is presented, content of these reasons and directions of future crises overcoming are described.

Развитие мировой экономики, согласно исследованиям Николая Кондратьева и Йозефа Шумпетера, идет большими полувековыми циклами.

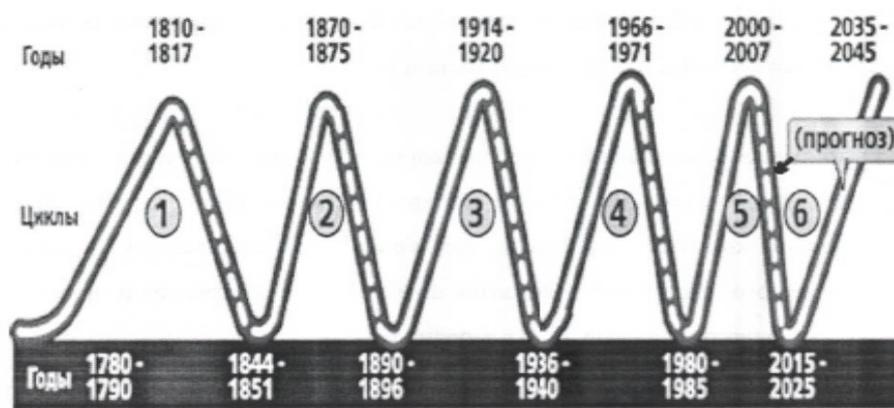


Рис. 1. Цикличность развития мировой экономики.

Со второй половины XX века в соответствии с ускорением научно-технического прогресса циклы сжимаются, согласно исследованиям ряда ученых, в частности Андрея Кобякова, в среднем до 40 лет (рисунок 1). У каждого цикла две фазы волны: возрастающая и убывающая, которые представляют собой логистическую функцию [6]:

$$Y = \frac{A}{1+10^{a+bx}} + C,$$

где Y- значение функции;

x – время;

A – расстояние между верхней и нижней асимптотами;

C – нижняя асимптота, т.е. предел, с которого начинается рост функции;

a, b – параметры, определяющие наклон, изгиб и точки перегиба графика логистической функции (рисунок 2).

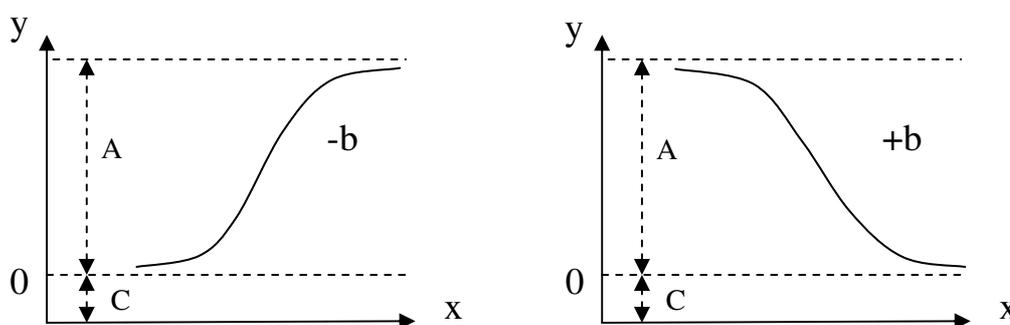


Рис. 2. Графики логистических функций

Для того, чтобы уменьшить глубину потрясений, необходимо знать причины возрастания и убывания логистической кривой, а также степень взаимодействия материальных и финансовых потоков. После анализа выявленных причин можно разработать мероприятия по снижению глубины потрясений.

Что касается возрастания логистической кривой, то эти причины достаточно изучены. Так, основу возрастания пятого цикла составили микроэлектроника, мобильная связь, Интернет, компьютерная техника. Но в начале XXI века рынок этими товарами насытился. Возрастающая логистическая кривая достигла точки насыщения и перешла в убывающую. На убывающей логистической кривой начинается поиск, куда вложить имеющийся капитал с повышенной доходностью. Так возникает разрыв между действительной стоимостью материального потока и фиктивным капиталом, который значительно превышает первую. Причем этот разрыв в различных финансовых структурах и странах сильно колеблется. Все

зависит от уровня контроля, меры ответственности и обыкновенной человеческой жадности к наживе.

Несмотря на то, что начало кризиса относится к 2008 году, серьезных исследований на эту тему не выполнено, не выявлены подлинные причины, породившие кризис, не выработаны и не обоснованы предложения по преодолению глобального кризиса. В то же время экономика ряда стран (Греция, Италия, Португалия и ряд других) находится на грани экономического коллапса. Да и перед Еврозоной в целом, нависает опасность.

Какие основные причины последнего экономического кризиса? Предварительные исследования по этому вопросу включают:

1. Чрезмерные ипотечные кредиты, особенно в США.
2. Баснословные и неконтролируемые доходы руководителей финансовых структур, в том числе и государственных. По данным Центрального Банка РФ в 2011 году банки побили рекорд по выручке и заработали аж 848 млрд. рублей. Законен вопрос: в чьи карманы они ушли? Ряд руководителей финансовых структур США, Англии получили премии по итогам 2011 года свыше 1 млн. долларов.
3. Вывоз капитала из страны. В 2011 году из России был незаконно вывезен 1 трлн. рублей, что соответствует 2% ВВП. Об этом заявил вице-премьер правительства Виктор Зубков. До 75% сомнительных денег утекают в Латвию и на Кипр. Остальной российский капитал незаконно выводится в Великобританию, Швейцарию, Францию и Гонконг. Кроме того, за последние несколько лет увеличился объем приобретения зарубежной недвижимости на пришедшие из России деньги. Зачастую это деньги не совсем прозрачные и законные.
4. Раздутый управленческий аппарат в регионах и на государственном уровне.
5. Коррупция чиновников во многих странах мира.
6. Отсутствие знаний и механизмов выявления действительной стоимости материального потока и его интеграции с фактическим финансовым потоком на различных уровнях их функционирования. Причем материальный поток может иметь место в одной стране, а финансовый в другой – в офшорах. Деятельность фирм, имеющих непонятных владельцев, содержит угрозу мошенничества, она несет возможность коррупции и отмыwania денежных средств. Государства, имеющие такие компании, теряют и деньги, и репутацию. Нелегальный оборот на финансовом рынке России по итогам 2011 года составил около 5 трлн. рублей по данным начальника Управления «Ф» (по борьбе с экономической преступностью в сфере финансовой деятельности и банкротства) МВД России полковника Олега Борисова. По мнению В. Зубкова, в различные «серые» схемы вовлечены также крупные российские компании с государственным участием, которые обросли

многими «оболочками», где и оседают основные деньги. По его словам, эти «оболочки» деньги либо обналачивают, либо перегоняют в офшоры. Президент РФ Дмитрий Медведев объявил кампанию по борьбе с офшорами, и правительство уже вносит изменения в Гражданский кодекс. Предлагается ввести поправку с требованием раскрыть информацию о бенефициарах офшорных компаний, работающих в России или владеющих в России активами.

Премьер-министр Владимир Путин потребовал проверить все Госкомпании на наличие связей с офшорами и аффилированными организациями, в том числе Газпром, Транснефть, «Совкомфлот», ВЭБ, Внешторгбанк, Росатом, Сбербанк и др.

7. Превышение в стране порогового уровня государственного долга от величины ВВП (согласно различным исследованиям 77-90 % [1]). Величина порогового уровня также требует обоснования.

8. Средний размер пенсии в ряде стран (Греция, Португалия и других) не подкреплён источниками доходов.

Сформулированные причины в разных странах мира имеют различный удельный вес. Одно ясно: проблема требует глубокого научного изучения и должна быть под контролем высшего менеджмента конкретной страны, причем не фрагментарно, а постоянно.

Велика при этом роль мировой финансовой системы. С ее стороны необходим контроль над валютными рынками и кредитной политикой национальных финансовых структур. Этой проблемой обеспокоены и мировые духовные лидеры. Так, папа Бенедикт XVI считает, что экономика не должна быть саморегулируемой, современная мировая финансовая система показала свою несостоятельность, необходимо искать пути ее реорганизации и сотрудничества [2].

## **Литература.**

1. Debt and growth - Threshold effects: The Economist, September 20, 2010. ([http://www.economist.com/blogs/freeexchange/2010/09/debt\\_and\\_growth](http://www.economist.com/blogs/freeexchange/2010/09/debt_and_growth))
2. John Thavis. Benedict relentless in critique of unjust global economy: Western Catholic Reporter, December 12, 2011. (<http://wcr.ab.ca/WCRThisWeek/Stories/tabid/61/entryid/1761/Default.aspx>)
3. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основные и обеспечивающие подсистемы логистики / под ред. Б.А. Аникина и Т.А. Родкиной. – Москва: Проспект, 2011 – 608 с.
4. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики / под ред. Б.А. Аникина и Т.А. Родкиной. – Москва: Проспект, 2011 – 344 с.
5. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Управление цепями поставок / под ред. Б.А. Аникина и Т.А. Родкиной. – Москва: Проспект, 2011 – 216 с.
6. Практикум по логистике: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. Б.А. Аникина. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 280 с.

# AIR CARGO LOGISTICS IN THE BALTIC SEA REGION

**Gunnar Prause**

*Wismar Business School & Tallinn University of Technology*  
*gunnar.prause@hs-wismar.de*

## **Abstract**

Current IATA figures reveal that only 2 % of international trade (measured in tonnes) is transported as an air cargo. However, this part accounts for 35 % of all shipped good. Despite the downturn in logistics due to financial and economic crisis, long-term estimations are expecting an annually growth of 6 % for the global air cargo market for upcoming years. When it comes to the air cargo situation in the EU, it can be stated that the total cargo volume is about 12 million tonnes, where the main airports and players are situated in Central Europe. The top 4 EU air cargo airports Frankfurt (FRA), London (LHR), Amsterdam (AMS) and Paris (CDG) are responsible for about half of all handled air cargo inside the European Union, and they are all located outside BSR. The air cargo volume in the BSR amounts to only about 5 % of the total European air cargo volume.

In order to clarify and improve the situation of the BSR air cargo transport sector Wismar University became lead partner in the BSR Interreg IV B project “Baltic.AirCargo.Net”. The project aims at enhancing the operating environment in the air cargo sector in the Baltic Sea Region and beyond, by providing complex measures that accommodate the demand for air transport in an optimal way to regional airfreight stakeholders. The starting point for the project is a complex analysis of the current situation on airfreight transport market in the BSR, associated infrastructural and operational needs of the regional airports, their prospects for future development and their possible role in the global network of air cargo supply chain. Furthermore, an innovative air cargo transport information system in and between the participating project regions will be developed and implemented.

Nevertheless, various closed user groups and structures within the air cargo market like express services do not enable a complete air cargo overview. This lack of information leads to not fully used cargo flights causing unnecessary energy consumption as well as environmental pollution. Furthermore, a large part of air cargo is arranged by road transportation through the BSR by realising “flying truck” concept between single Baltic airports.

The paper provides an inside view into the air cargo sector in the BSR and discusses links of air cargo issues within the context of a common transport strategy of the Baltic Sea Region.

## **Introduction**

The Baltic Sea Region is rather famous for its maritime transportation than for air cargo operations but on-going activities are indicating that air cargo might play an increasing role in the future transportation of valuable and time critical cargo within the BSR. In June 2010, the monitoring committee of BSR Interreg IV B programme approved the air cargo logistics project in order to bring more light into the BSR air cargo situation and facilitate the air cargo related development in the BSR. Wismar University as a lead partner together with 13 other partners from all over the BSR are cooperating in “Baltic.AirCargo.Net” project focussing on the improvement of the air cargo transport sector by service oriented ICT methods and processing logistic network. A three-year project aims at enhancing the operating environment in the air cargo sector in the Baltic Sea Region and beyond by providing complex measures that accommodate the demand for air transport in an optimal way to regional airfreight stakeholders.

Within the project, partners from Klaipeda, Linköping, London, Norrköping, Parchim, Riga, Tallinn, Tampere, Wismar and Warsaw will provide a complex analysis of the current situation on airfreight transport market in the BSR, associated infrastructural and operational needs of the regional airports, their prospects for future development and their possible role in the global network of air cargo supply chain. Pilot business actions will explore the air cargo market with a focus on the establishment of a network for the development of value-added logistic services in the Baltic air cargo sector.

Meanwhile in summer 2011, the corresponding air passenger project “Baltic Bird” was approved by the BSR Interreg IV B Monitoring committee as the second BSR related air transportation project. The close interaction between air cargo and passenger flights, especially when taking into account “Belly Cargo”, was the background idea to include Wismar University as a project partner into “Baltic Bird” project in order to safeguard a close cooperation and synergy between both air transport projects.

### **Air Cargo Logistics**

Transport and logistics chains become more and more international and it is to be expected that transportation costs will increase and the emergence of the goods traffic grow. In particular, the time factor (air cargo) and additional logistic services (locating of goods, safeness rapid, reliable) will play a major role in the future transportation of valuable and time critical cargo within the global economy.

By analysing current IATA figures it turns out that only 2 % of international trade (measured in tonnes) is transported as air cargo. However, this part accounts for 35 % of all shipped good. Despite the downturn in logistics due to financial and economic crisis long-term estimations are expecting an annually growth of 6 % for the global air cargo market for upcoming years. A closer look at the main air cargo hubs in the world reveals that the biggest airports and the highest growth rates are concentrated in Asia (Airports Council International 2011).

This particular situation becomes even more evident when considering the following volumes and growth rates between 2002 and 2010:

• Hongkong / CHN	4.1 mln. t	2002 – 2010:	+65 %
• Shanghai / CHN	3.1 mln. t	2002 – 2010:	+396 %
• Frankfurt / DE	2.2 mln. t	2002 – 2010	+35 %
• Dubai / UAE	2.2 mln. t	2002 – 2010	+178 %
• Paris CDG / FR	2.2 mln. t	2002 – 2010	+34 %

When it comes to the EU, the air cargo situation it can be stated that the total cargo volume is about 12 million tonnes, where the main airports and air cargo players are situated in Central Europe. The top 4 EU air cargo airports Frankfurt (FRA), London (LHR), Amsterdam (AMS) and Paris (CDG) are responsible for about half of all air cargo handled inside the European Union (Eurostat 2011).

## Airports Council International's Top 50 Airports

ACI Rank	CITY	Cargo 2010 tonnage	YOY%	ACI Rank	CITY	Cargo 2010 tonnage	YOY%
1	HONG KONG (HKG)	4 168 394	23.2	26	OSAKA (KIX)	759 278	24.7
2	MEMPHIS (MEM)	3 916 937	5.9	27	LUXEMBOURG (LUX)	705 370	12.2
3	SHANGHAI (PVG)	3 227 914	27.1	28	KUALA LUMPUR (KUL)	697 015	15.6
4	INCHEON (ICN)	2 684 500	16.1	29	MUMBAI (BOM)	671 238	18.5
5	ANCHORAGE (ANC)	2 578 396	33.1	30	ATLANTA (ATL)	659 129	17
6	PARIS (CDG)	2 399 067	16.8	31	DALLAS/FORT WORTH (DFW)	650 584	10.9
7	FRANKFURT (FRA)	2 275 106	20.5	32	COLOGNE (CGN)	644 029	16.6
8	DUBAI (DXB)	2 270 498	17.8	33	LIEGE (LGG)	639 669	32.7
9	TOKYO (NRT)	2 167 843	17.1	34	LEIPZIG (LEJ)	638 491	25.9
10	LOUISVILLE (SDF)	2 166 226	11.1	35	NEW DELHI (DEL)	594 496	25.6
11	SINGAPORE (SIN)	1 841 004	10.9	36	BOGOTA (BOG)	526 844	17
12	MIAMI (MIA)	1 835 793	17.9	37	OAKLAND (OAK)	510 823	2.8
13	LOS ANGELES (LAX)	1 810 345	15.5	38	JAKARTA (CGK)	501 803	12.7
14	TAIPEI (TPE)	1 767 075	30.1	39	SHANGHAI (SHA)	480 438	9.5
15	LONDON (LHR)	1 551 405	15.0	40	TORONTO (YYZ)	471 337	9.1
16	BEIJING (PEK)	1 549 126	5	41	ISTANBUL (IST)	466 553	22.4
17	AMSTERDAM (AMS)	1 538 135	16.8	42	ABU DHABI (AUH)	442 326	15.6
18	CHICAGO (ORD)	1 424 077	30	43	BRUSSELS (BRU)	441 442	7.2
19	NEW YORK CITY (JFK)	1 343 114	17.4	44	MILAN (MXP)	432 672	25.8
20	BANGKOK (BKK)	1 310 146	25.3	45	SAN FRANCISCO CA (SFO)	432 235	5.9
21	GUANGZHOU (CAN)	1 144 458	19.8	46	CHENGDU (CTU)	432 153	14.6
22	INDIANAPOLIS (IND)	947 279	5.2	47	SAO PAULO (GRU)	430 850	12.6
23	NEWARK (EWR)	854 750	9.6	48	HOUSTON (IAH)	426 875	14
24	SHENZHEN (SZX)	809 363	33.6	49	MANILA (MNL)	423 853	17.4
25	TOKYO (HND)	804 995	1.9	50	PHILADELPHIA (PHL)	419 659	(3.2)

Total Cargo: loaded and unloaded freight and mail in metric tonnes.  
\*ANC data includes transit freight.

Source: Airports Council International

Rank	Country	Airport	Total air transport (in tonnes)	Freight and mail loaded	Freight and mail unloaded	Growth of total freight transport 2008-2009	Total number of freight flights (in 1000)	Growth of total number of freight flights 2008-2009
1	DE	FRANKFURT/MAIN	1 882 062	933 781	948 881	-10.5%	21	-4.7%
2	UK	LONDON/HEATHROW	1 348 914	717 086	631 848	-9.0%	3	-2.8%
3	NL	AMSTERDAM/SCHIPHOL	1 316 848	703 160	613 688	-17.3%	13	-9.1%
4	FR	PARIS/CHARLES DE GAULLE*	1 202 300	584 795	617 505	-13.6%	44	-6.0%
5	LU	LUXEMBOURG	627 261	288 286	338 975	-20.4%	10	-11.2%
6	DE	KOLN/BONN	549 025	258 875	290 350	-4.4%	22	-8.3%
7	DE	LEIPZIG/HALLE	508 793	255 963	252 830	18.3%	28	2.0%
8	BE	LIEGE/BIERSET	401 799	203 903	197 896	5.3%	23	-4.5%
9	BE	BRUXELLES/NATIONAL	384 426	172 391	192 035	-40.7%	11	-10.1%
10	IT	MILANO/MALPENSA	343 561	168 901	176 680	-17.0%	6	-13.3%
11	ES	MADRID/BARAJAS	330 161	166 515	163 646	-7.0%	9	-7.1%
12	UK	NOTTINGHAM EAST MIDLANDS	286 629	140 989	145 639	-2.0%	18	-13.2%
13	DE	MUNCHEN	234 340	109 395	124 945	-11.5%	4	-7.8%
14	UK	LONDON STANSTED	213 384	123 411	89 972	-7.2%	10	-12.0%
15	AT	WIEN/SCHWECHAT	198 327	126 731	71 596	-1.5%	4	-8.7%
16	DK	KOBENHAVN/KASTRUP	152 012	77 227	74 785	-38.4%	6	-11.7%
17	IT	ROMA/FIUMICINO	139 014	65 879	73 335	-9.1%	4	-5.7%
18	FI	HELSINKI/VANTAA	121 849	61 071	60 778	-13.9%	5	-6.4%
19	DE	FRANKFURT/HAHN	105 059	54 885	50 195	-14.0%	4	-3.3%
20	UK	MANCHESTER	103 006	60 415	42 591	-27.8%	2	-15.2%

\* Due to freight and mail data collection difficulties, the data for Paris-Charles de Gaulle are underestimated.

The European statistics also reveals that the handled air cargo is not distributed equally among European countries. The big volumes are concentrated in Germany, Great Britain, France and the Netherlands. But it is worth to mention that also smaller countries like Belgium and Luxemburg are playing a significant role in the European air cargo business:

	Total transport		National transport		International intra-EU-27 transport		International extra-EU-27 transport	
	Volume of freight and mail	Growth 2008-2009	Volume of freight and mail	Growth 2008-2009	Volume of freight and mail	Growth 2008-2009	Volume of freight and mail	Growth 2008-2009
EU-27 <sup>(1)</sup>	11 315 885	-12.3%	595 652	-8.9%	1 833 997	-5.5%	8 886 236	-13.9%
BELGIUM	BE 836 409	-21.9%	784	31.8%	255 250	-19.5%	580 375	-23.0%
BULGARIA	BG 17 450	-10.7%	26	-17.1%	12 194	-20.8%	5 230	27.3%
CZECH REPUBLIC	CZ 53 924	-3.5%	1 486	-21.5%	25 792	-15.7%	28 648	13.8%
DENMARK	DK 155 438	-38.8%	2 136	-17.9%	65 886	-41.8%	87 418	-37.0%
GERMANY	DE 3 341 222	-6.4%	109 679	-15.4%	798 918	-0.6%	2 432 825	-7.7%
ESTONIA	EE 20 526	-50.8%	-	-	4 587	-35.4%	15 939	-54.0%
IRELAND	IE 112 049	-11.7%	6 105	-21.2%	71 542	-3.2%	34 402	-23.9%
GREECE	EL 95 222	-12.3%	12 113	-14.5%	52 572	-11.5%	30 537	-12.9%
SPAIN	ES 502 585	-8.9%	84 543	-18.7%	151 378	-8.0%	268 664	-2.6%
FRANCE <sup>(2)</sup>	FR 1 446 599	-13.3%	148 037	1.7%	260 152	-12.0%	1 037 410	-15.5%
ITALY	IT 705 883	-13.4%	80 825	-10.9%	253 166	-8.1%	391 892	-17.8%
CYPRUS	CY 38 636	-9.7%	1	-	30 465	-10.8%	8 169	-8.3%
LATVIA	LV 8 646	25.8%	-	-	5 917	24.2%	2 729	28.8%
LITHUANIA	LT 6 485	-28.8%	-	-	5 487	-15.8%	998	-60.8%
LUXEMBOURG	LU 627 281	-20.4%	-	-	43 608	-4.8%	583 653	-21.4%
HUNGARY	HU 54 138	-13.4%	-	-	24 596	-5.4%	29 542	-19.2%
MALTA	MT 17 498	-4.0%	-	-	11 531	-9.8%	5 965	9.8%
NETHERLANDS <sup>(3)</sup>	NL 1 371 235	-16.8%	0.4	2130.0%	48 418	-20.2%	1 322 817	-16.7%
AUSTRIA	AT 202 642	-1.7%	807	-9.0%	49 081	-6.7%	152 774	0.0%
POLAND	PL 53 510	-8.0%	7 874	0.5%	28 779	-4.0%	18 858	-17.1%
PORTUGAL	PT 125 498	-8.0%	21 624	-2.2%	54 406	-10.7%	49 468	-7.2%
ROMANIA	RO 23 482	-3.9%	251	-16.1%	19 197	3.5%	4 034	-27.8%
SLOVENIA	SI 5 584	-31.7%	-	-	3 825	-35.0%	1 759	-23.4%
SLOVAKIA	SK 12 231	64.8%	2	100.0%	11 689	72.9%	540	-19.5%
FINLAND	FI 128 900	-14.2%	3 691	2.5%	50 990	-12.7%	72 219	-15.8%
SWEDEN	SE 181 310	-21.8%	17 972	-17.8%	76 421	-22.7%	68 917	-21.8%
UNITED KINGDOM	UK 2 156 153	-10.6%	117 695	-6.1%	379 798	-7.6%	1 658 660	-11.5%

<sup>(1)</sup> Double counting is excluded in the intra-EU-27 and total EU-27 aggregates by taking into consideration only departure declarations.

<sup>(2)</sup> Due to freight and mail data collection difficulties, the data for the two main airports in Paris (Charles de Gaulle and Orly) are underestimated. This also affects the aggregated freight data for France.

<sup>(3)</sup> The high growth observed at national level should be considered with care, as it represents a very small volume of freight and mail in absolute terms.

Moreover, the European statistics yields that the EU air cargo volumes are rather small compared to the cargo handled by other transport modes. The Eurostat figures for 2010 generate the following picture (Eurostat 2011):

- Air Cargo: 13.398,000 tonnes = 0.08%
- Sea Cargo: 2.909,626,000 tonnes = 16.34%
- Rail Cargo: 1.463,680,000 tonnes = 8.22%
- Road Cargo: 13.423,006,000 tonnes = 75.37%

When scrutinising the statistics on the EU air cargo transport volumes, it demonstrates that air cargo is used mainly in continental long haul flights, whereas intra-EU air cargo transports accounts only about 20 %:

- Volumes of EU national transports: 5 %
- Volumes of intra-EU transports: 16 %
- Volumes of extra-EU transports: 79 %

## Flying Trucks

A big part of the EU air cargo business is organised as road feeder service in a so called “Flying Truck” concept between airports. These truck-based air cargo services possess their own flight numbers and are handled like normal airborne transportation with all ordinary security checks. Characteristics for a flying truck (RFS, Road Feeder Service) can be found in the following definition (Boeing 2011):

- A truck operating **between two airports on a AWB letter.**

- One truck can have several route numbers (flight numbers) if it is carrying goods for more than one airline.
- The cargo carried by the flying trucks is treated and handled just like the cargo carried by real aircrafts, for example, having the same insurance as if the goods were going by aircraft and on route number.
- The flying trucks are fulfilling all custom and security rules set by the authorities as if the goods were really flying.

A snapshot of flying truck routes in Europe in May 2010 can be found in (Boeing 2011). The picture shows that the flying truck concept plays a major role in the air cargo business all over Europe. It has to be mentioned here that the road feeder service is not only affecting the air cargo market but also strongly supporting the intercontinental passenger flights and the major aviation hubs, since intercontinental passenger and cargo flights are strongly linked together by widebody aircrafts performing the intercontinental flights that are carrying significant part of the air cargo.



Air cargo generates significant income for the airlines which operate intercontinental flights. It can be assumed that the economic viability of several intercontinental passenger flights is strongly dependent on the air cargo business.

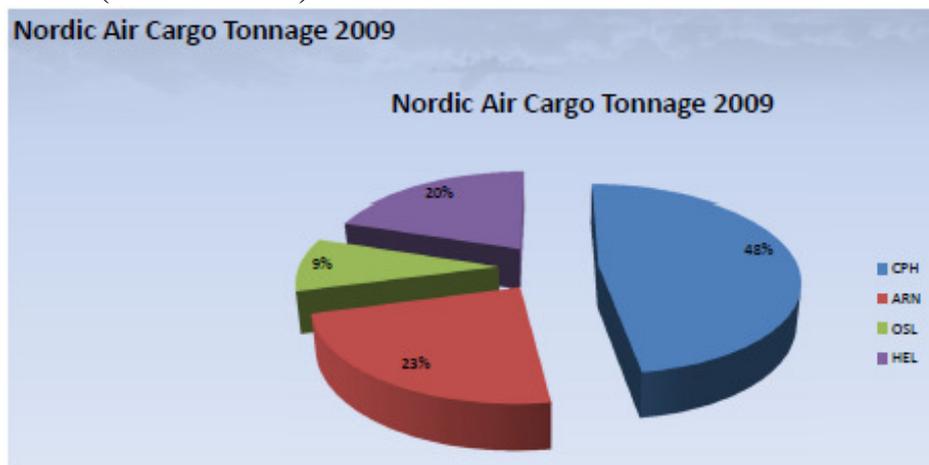
### **BSR Air Cargo Logistics**

In order to get a better understanding of air cargo in the BSR it makes a sense to zoom into the air cargo situation within the largest EU member states in the BSR, namely, Germany and Poland. Both countries are summing up with their BSR airports to about 5 % of their national air cargo volume (BACN 2012):

- Poland: BSR Airports represent ca. 6 % of PL volume; Gdansk, Szczecin
- Germany BSR Airports represent ca. 4 % of DE volume; Hamburg, Berlin, Bremen

The same picture appears by taking a closer look at the total air cargo volume in the BSR which amounts to only about 5 % of the total European air cargo volume (BACN 2012). The main commodity groups of the BSR air cargo operations are machinery parts, equipment, high-tech products, fish /food and fashion goods. The major aviation hubs of the BSR are getting significant income from the air cargo as well.

The main player within the BSR air cargo business is Copenhagen airport ranking as number 16 among air cargo airports in the EU. The two other big BSR cargo airports are Stockholm – Arlanda and Helsinki – Vantaa. However, their handled air cargo volume is reaching only about half of the volume of Copenhagen. The rest of the BSR airports are playing a minor role within the air cargo business (BACN 2012).

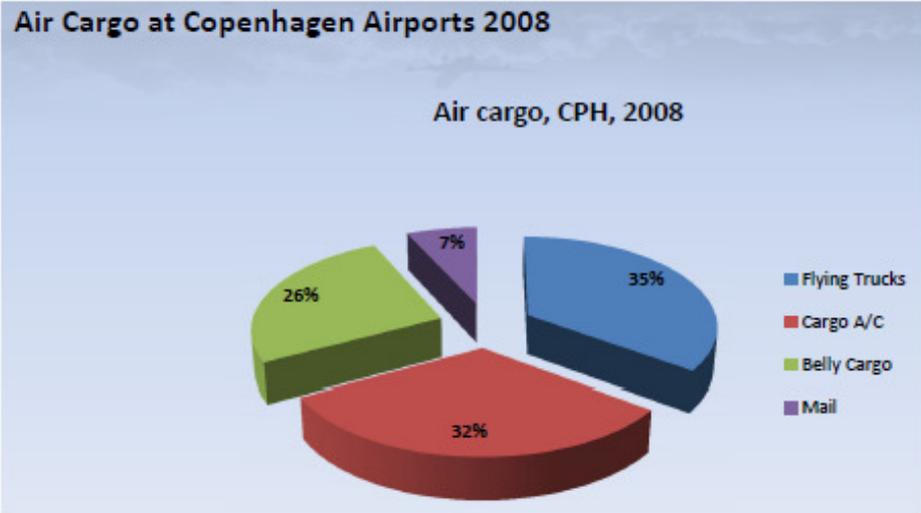


An interesting fact is that dedicated air cargo activities in the BSR are mainly related to the intercontinental long haul flights mainly to Far East Asia and Northern America, whereas the largest parts of air cargo volumes are transported by trucks in a so called “Flying Truck” concept or are forwarded in form of “Belly Cargo” in special air containers as additional freight in passenger flights. The situation at Copenhagen Airport is shown in the following diagram (BACN 2012).

### **Baltic.AirCargo.Net**

The general idea of the “Baltic.AirCargo.Net” covers the topics of logistics, airfreight and ICT. The aim of the joint project is the establishment of a network for the development of value-added logistics services in the Baltic air cargo sector by utilising modern, service-oriented logistic- and ICT-methods. The strategic focus of the project is to analyse and create the necessary organisational, political and ideational requirements for a final pilot test implementation of an innovative air cargo transport information system in the participating project regions (airport, hinterland). The project

“Baltic.AirCargo.Net” will further serve as a major communication platform on regional, national and international level to combine political and technical issues concerning the Baltic air cargo sector.



**CPH, Air cargo volumes (1000 tons)**

Cargo Type	2008				
	Import	Export	Transfer	Total	
Trucked on AWB		7.903	12.203	102.032	<u>122.138</u>
Scheduled All Cargo A/C	17.898	17.170	75.977		111.045
Scheduled Passenger A/C	13.362	16.391	61.010		90.763
Mail	8.262	8.497	6.451		23.210
<b>Total</b>	<b>47.425</b>	<b>54.261</b>	<b>245.470</b>		<b><u>347.156</u></b>

**Flying Trucks cover 35 % of the total air cargo volume at CPH**

Within the “Baltic.AirCargo.Net”, innovative methods and applications of new and existing information and communication technologies will be used to provide information about the air cargo transport potential within the Baltic Sea Region. Via a new company crossing transport information system, the participants of air cargo transport market like logistic companies or dispatcher, who are seeking for logistic air cargo services, contribute to compile information concerning incoming air freight at a defined Baltic airport. The system makes it possible to get real-time data about the air cargo transport requirements at every airport and region in the Baltic Sea.

By applying modern service-oriented information and communication technology, a significant optimisation could be expected in the synchronisation of airport hinterland traffics, the increase of the utilised capacity through additional booking of transport volume as well as the minimisation of fuel costs

(by bundling of transports etc.) and labour costs. The development of ICT-supported transport networks will increase in the future. Especially the creation of a “China-Link” on Parchim airport accelerates the development of Baltic air cargo connections for dispensation and supply.

The new Baltic air cargo information system will help to optimise transport routes, bundle loads of different dispatchers, create new and improve existing air cargo connections as well as reduce the number of empty cargo flights. This, in turn, will result in reduction of air transport related emissions and unnecessary energy consumption thus increasing the efficiency of transport. On regional level, the “Baltic.AirCargo.Net” will increase the air cargo flights that have to be dispatched at the participating airports. Consequently, there will be a regional business development in the range of value-added logistic services (handling, stowing, packing, etc.). Therefore, the project implies positive impulses concerning the regional and economic development as well as the airport and hinterland development.

Within the project “Baltic.AirCargo.Net”, the results of the INTERREG project “LogOn Baltic – Developing Regions through Spatial Planning and Logistic & ICT competence” as well as the experiences within the development of an Intermodal Transport Routing Information System in various seaports (IMORTIS - optimisation and development of new international cargo transportation chains between North-East and South-Europe via the Baltic sea ports – [www.imotris.de](http://www.imotris.de)), modern methods of tracking and tracing of wares and containers will be adapted to the conditions of air cargo transport sector.

**References:**

Airports Council International (2011), [www.airports.org](http://www.airports.org)

IATA (2012), Facts & Figures, [www.iata.org](http://www.iata.org)

Eurostat (2011), <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

BACN (2012), Baltic.AirCargo.Net, internal data

Boeing (2011), World Air Cargo Outlook 2010 – 2011, Boeing Company, Seattle

# УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ МЕГАПОЛИСОВ

А.Ю. Крылатов, В.В. Захаров

*Санкт-Петербургский государственный университет, Центр  
интеллектуальной логистики, Санкт-Петербург, Россия  
partizan-sasha@yandex.ru*

Описан оригинальный метод управления транспортными потоками в мегаполисах, применение которого может увеличить пропускную способность сегмента инфраструктуры в 2,4 раза. Представлены конкурентные преимущества метода и приведён пример его использования на экспериментальных данных. Обсуждена основная проблема, которая препятствует применению метода в широком масштабе, и предложен путь её решения.

## TRAFFIC FLOW MANAGEMENT IN MEGALOPOLISES

**Alexander Krylatov and Victor Zakharov**

*Saint-Petersburg State University  
Center for Intelligent Logistics  
E-mail: partizan-sasha@yandex.ru*

Based on fundamental results of traffic flow theory an original approach to traffic flow management in megalopolises is developed in order to answer the challenges of uncertainty and adaptability. Competitive advantages of the approach and example of its executing is given. Problems that approach faces with are described and the ways to solve the problems are offered.

### ВВЕДЕНИЕ

Управление транспортными потоками – одна из важнейших задач современных мегаполисов. В самом деле, урбанизация совместно с развитием автотранспортной промышленности привела к возникновению огромных потоков автомобилей, движущихся по улицам современных больших городов. Немудрено, что большое скопление машин в условиях ограниченной – в значительной степени уже сложившейся – дорожно-транспортной инфраструктуры приводит к возникновению заторов на дорогах, и как следствие, к вынужденным задержкам цепей поставок. Последнее, в свою очередь, влечёт за собой серьёзные потери в экономике. Данный факт, наряду со многими другими, влечёт за собой необходимость

в формировании управленческих стратегий и концепций по управлению транспортными потоками и их перераспределению.

Первые города мира, столкнувшиеся с проблемой заторов и «пробок» на дорогах, были Нью-Йорк и Токио. Естественно, что на сегодняшний момент именно эти города имеют наиболее значительный опыт решения дорожно-транспортных проблем. Среди других мегаполисов, решающих подобные проблемы на достаточно высоком уровне, следует, прежде всего, выделить Сеул, Лондон, Сингапур, Мельбурн и Лос-Анджелес. Во всех этих городах наряду с методами, учитывающими специфику мегаполисов, применялись общие подходы к «расчистке» улиц от «пробок». При анализе накопленного опыта следует помнить, что большинство из существующих методов борьбы с заторами опираются на некую интеллектуальную базу, которая сформировалась на протяжении почти ста лет существования данной проблемы. Речь идёт о методах математического моделирования транспортных потоков [6].

Теория транспортных потоков развивалась исследователями различных областей знаний: физиков, математиков, специалистов по исследованию операций, транспортников, экономистов [5]. Основы математического моделирования закономерностей дорожного движения были заложены в 1912 году русским ученым, профессором Г.Д. Дубелиром. В 1955 году Лайтхилл и Уизем предложили первые математические модели, построенные на базе механики сплошных сред [1,8]. До них подавляющее большинство работ, посвящённых проблемам анализа транспортных потоков, опиралось на методы теории вероятности и математической статистики [10]. В конце 50-х Ф. Хейт [11] впервые выделил математические исследования транспортных потоков в самостоятельный раздел прикладной математики. Данная работа послужила толчком к новой волне исследований в этой области, которые активно проходили в 60-х и 70-х годах. В нашей стране движение автотранспорта активно изучалось в конце 70-х годов в связи с подготовкой к Олимпийским играм 1980 года в Москве [7]. В конце 80-х начале 90-х в США проблемы исследования транспортных систем были возведены в ранг проблем национальной безопасности. Сегодня имеется обширная литература по изучению и моделированию автотранспортных потоков. Несколько академических журналов посвящены исключительно динамике автомобильного движения. Наиболее крупными являются *Transportation Research*, *Transportation Science*, *Mathematical Computer Simulation*, *Operation Research*, *Automatica*, *Physical Review E*, *Physical Reports*.

Таким образом, в настоящий момент уже имеется серьёзный, но вместе с тем постоянно развивающийся, интеллектуальный базис для того, чтобы исследовать современные проблемы управления транспортными потоками. В данной работе основной уклон делается на управлении потоками именно

в мегаполисах, так как в больших городах крупные потоки оказываются «зажатыми» в ограниченной дорожно-транспортной инфраструктуре.

## МЕТОД ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В МЕГАПОЛИСАХ

Как уже отмечалось выше, основная причина существования такой проблемы как заторы в мегаполисах заключается в том, что в крупных городах наличествуют довольно значительные показатели плотности автотранспортных средств на единицу площади всех имеющихся дорог. Данное обстоятельство ведёт к неизбежному возникновению больших скоплений машин на тех или иных узлах дорожно-транспортной сети. Такие узлы чаще всего называют проблемными и стараются избавиться от «пробок», работая именно с этими узлами. Подобный подход абсолютно рационален и, приняв по умолчанию известные ограничения, его можно назвать правильным. С другой стороны, часто прибегают к методу формирования матриц корреспонденций между районами города. Информация, получаемая из этих матриц – чаще всего – служит базой для принятия решений об организации движения общественного транспорта и тем самым не учитывает транспорт личный. В то же время, именно личный транспорт создаёт в настоящее время основные трудности на дорогах мегаполисов и, следовательно, не учитывать его влияния просто напросто нельзя.

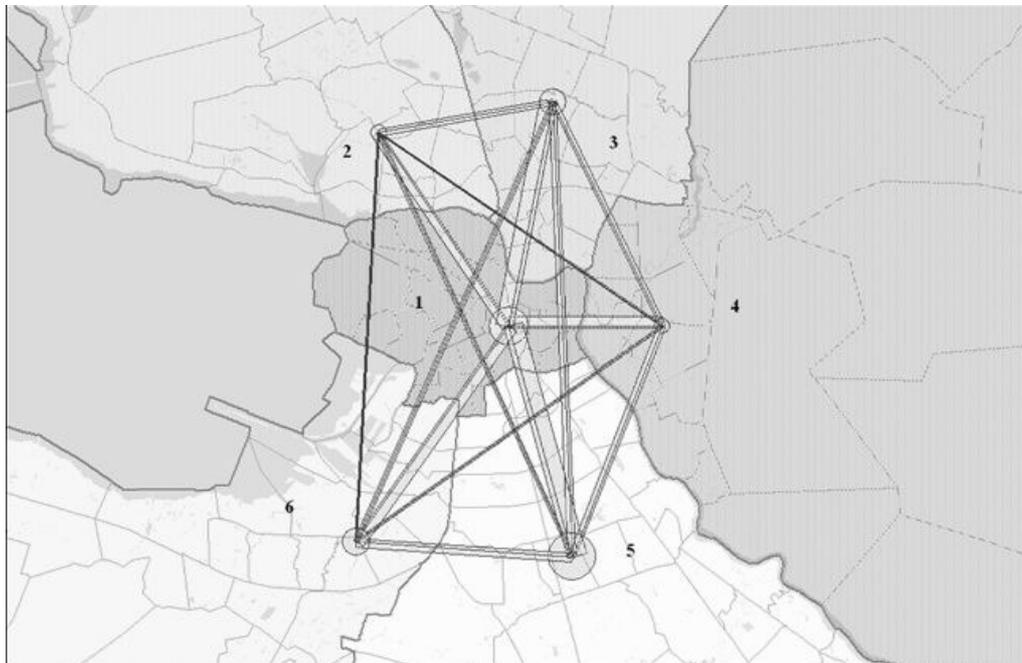


Рис. 1. Районирование города Санкт-Петербурга

Расчёт матриц корреспонденций пассажиропотоков имеет очевидную цель – понять какое количество общественного транспорта необходимо выделить на тех или иных участках транспортной сети. Работы,

посвящённые этим вопросам, многочисленны, например [2]. Одним из результатов этого исследования было районирование города Санкт-Петербург, показанное на рис. 1. Расчёт же матриц корреспонденций автомобильного транспорта кажется бессмысленным в виду того, что не всегда понятно как можно получить и затем использовать полученную информацию. Тем не менее, начинают появляться работы, посвящённые проблематике распределения и перераспределения потоков именно автотранспорта [3,9,10]. В силу того, что эти исследования посвящены вопросу управления транспортными потоками, они и оперируют, прежде всего, потоками. Другими словами, подобные работы стремятся показать, каким именно образом следует распределять существующие транспортные потоки – между районами города – на имеющейся транспортной сети. Таким образом, предполагается, что матрицы корреспонденций автотранспорта известны. При этом, получив информацию о межрайонных потоках, уже сегодня можно предложить схемы перераспределения транспорта с тем, чтобы уменьшить нагрузки на проблемные узлы сети.

Получение информации о потоках эквивалентно составлению матриц межрайонных корреспонденций автотранспортных средств. Существуют работы, посвящённые вычислению матриц корреспонденций по второстепенным признакам, как например в [4], однако все эти методы довольно неточны и затратны, и при их применении к транспортным потокам больших городов выливаются в задачи очень большой размерности, решение которых подчас может занимать недели. В то же время, сегодня в крупных городах появилось большое количество видео камер фиксации движения транспортных средств. Пока что эти камеры служат источником информации исключительно для ГИБДД. Однако, база данных, формируемая на основе получаемой информации, при правильной ее организации могла бы, например, использоваться для построения матриц корреспонденций автотранспорта и тем самым способствовать решению транспортных проблем.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**

Методы решения транспортных проблем крупных городов, в самой общей интерпретации, можно разделить на два класса: инфраструктурные и организационные. К первому классу будем относить те методы, которые связаны со строительством дополнительных инфраструктурных мощностей: прокладка новых дорог, строительство развязок, мостов и туннелей. Ко второму классу будем относить методы, связанные именно с организационными решениями на транспорте: выделение на улично-дорожной сети магистральных улиц, улиц с односторонним и несимметричным движением, внедрение информационных систем, выделение на существующих дорогах полос для общественного

транспорта и т.п. Чаще всего, при прочих равных условиях, инфраструктурные методы обходятся значительно дороже организационных.

Основным конкурентным преимуществом метода, в основе которого лежит идея перераспределения потоков транспортных средств по уже существующей инфраструктуре, является его невысокая капиталоемкость. В самом деле, решение дорожно-транспортных проблем в мегаполисе, с использованием метода перераспределения транспортных потоков, состоит из двух этапов. Первый – формирование матриц корреспонденций. Второй – расчёт оптимальных маршрутов перераспределения потоков и проведение организационных мероприятий. При этом, первый этап реализуется с использованием уже имеющегося оборудования – видеокамер (то есть не требует существенных затрат на свою реализацию), второй – выполняется средствами математического и имитационного моделирования, опыт применения которых имеется в научно-исследовательских и проектных организациях города.

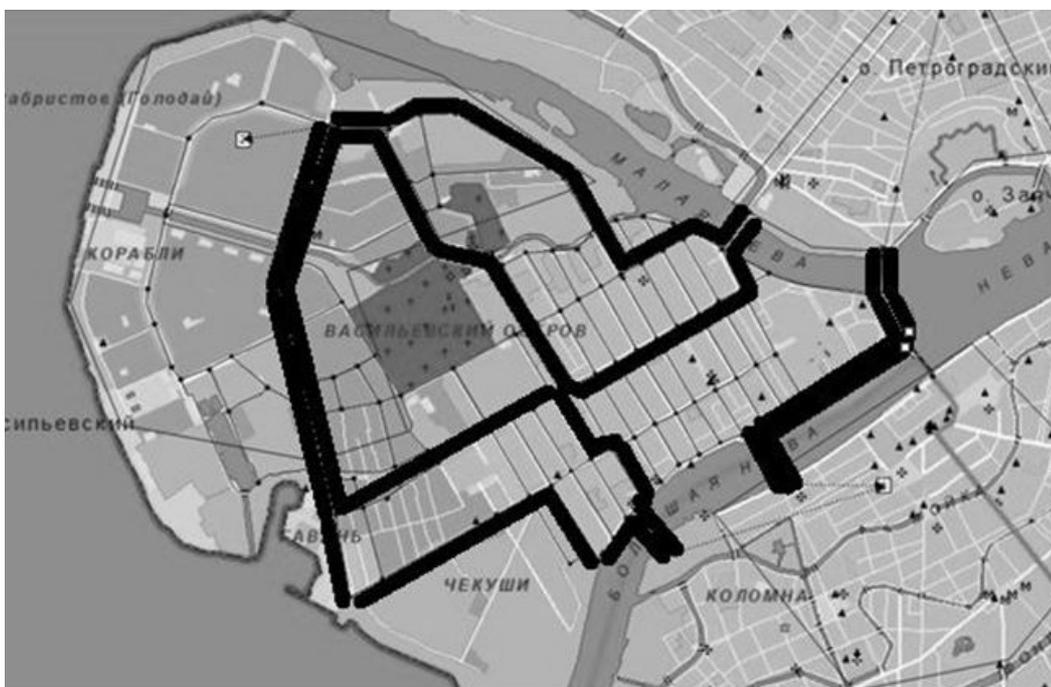


Рис. 2. Перераспределение транспортных потоков на Васильевском острове

Опираясь на идею перераспределения межрайонных автотранспортных корреспонденций, нам удалось предложить вариант решения дорожно-транспортной проблемы в Василеостровском районе города Санкт-Петербурга. Более того, на Васильевском острове собираются закрыть один из мостов, но взамен построить другой. Мы проанализировали данную ситуацию и нашли оптимальный вариант перенаправления потоков транспорта на данном сегменте транспортной сети города Санкт-Петербурга[3]. Итогом исследования явился магистральный уличный каркас, представленный на рис.2. Оказалось, что предложенный вариант

движения увеличивает пропускную способность на Васильевском острове в 2,4 раза. Однако следует понимать, что данный результат был получен на приблизительных оценках потоков, полученных по второстепенным признакам. Для получения более адекватного распределения транспортных потоков необходимо точно знать существующие матрицы автотранспортных корреспонденций.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В предложенной работе было приведено краткое описание концепции управления транспортными потоками. Был дан краткий обзор исследований в области теории транспортных потоков в исторической ретроспективе. Более того, были описаны причины актуальности и в то же время нерешённости дорожно-транспортных проблем во многих крупных городах. Описывается опыт применения именно этой концепции в одном из районов Санкт-Петербурга. Авторы планируют развивать данный подход и в будущих работах применить его к транспортной сети всего города. Ключевым конкурентным преимуществом такого подхода является то, что его реализация не требует существенных финансовых затрат.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Lighthill M.J., Whitham F.R.S. On kinetic waves II. A theory of traffic flow on crowded roads // Proc. of the Royal Society Ser. A. 1995. Vol.229. No. 1178. P. 317-345.
2. Бульчева Н.В., Пахомова О.М., Федоров В.П. Моделирование передвижений городского населения с культурно-бытовыми целями. // Экономико-математические исследования: математические модели и информационные технологии. 3 сборник трудов Санкт-Петербургского экономико-математического института. Наука. СПб 2003. С. 83-94.
3. Крылатов А.Ю. Распределение транспортных потоков в мегаполисах. Сборник статей двенадцатой международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности», Том 2, Изд.: Политехнического университета, СПб, 2011. С. 356-359.
4. Лагереv Р.Ю., Михайлов А.Ю. Методы робастного восстановления матриц корреспонденций транспортных потоков. – Иркутск: ИрГТУ, 2006.
5. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. - М.: Институт прикладной математики РАН, 2004.
6. Семенов В.В. Смена парадигмы в теории транспортных потоков. - М.: ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, 2006.
7. Смирнов Н.Н., Киселёв А.Б., Никитин В.Ф., Юмашев М.В. Математическое моделирование автотранспортных потоков // мех-мат МГУ, 1999.
8. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны // М.: Мир, 1977.
9. Швецов В.И. Алгоритмы распределения транспортных потоков. - М.: Институт системного анализа РАН, 2009.
10. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков. - М.: Институт системного анализа РАН, 2003.
11. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. - М.: Мир, 1966

# РАЗВИТИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ

Т.А. Прокофьева, А.И. Федоренко

*НИУ-Высшая школа экономики, г. Москва, Россия*  
*loginvest@mtu-net.ru*

**Аннотация.** Доклад посвящен комплексным научным исследованиям в области стратегического планирования развития логистической инфраструктуры в транспортном комплексе России для обеспечения реализации экспортно-импортного и транзитного потенциала страны в глобальной системе международных транспортных коридоров.

Показаны место и роль Министерства транспорта РФ и ОАО «Российские железные дороги» в реализации инвестиционных проектов развития логистической инфраструктуры. Особое внимание уделено проблемам развития логистической инфраструктуры в морских портах и мультимодальных транспортных узлах на примере Северо-западного и Московского региона.

## LOGISTICS INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN THE RUSSIAN TRANSPORTATION COMPLEX

**Tatiana Prokofieva, Anatoly Fedorenko**

*National Research University – Higher School of Economics*  
*E-mail: loginvest@mtu-net.ru*

**Abstract:** The report is devoted to comprehensive research in the field of strategic planning, logistics infrastructure in to ensure the implementation of export-import and transit potential of Russia in the global system of international transport corridors (ITC). Particularly attention spares to the place and the role of the Russian Transportations Ministry and the Russian Railway joint stock company in the investment projects realization, also to the problems of the logistics infrastructure development in sea ports and multimodal transport junctions for example North-East and Moscow regions.

### ВВЕДЕНИЕ

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года в качестве одной из целевых установок провозгласила интеграцию в мировое транспортное пространство, развитие экспорта транспортных услуг и реализацию транзитного потенциала страны в системе международных транспортных коридоров. Одной из главных задач, направленных на достижение поставленной цели, является развитие

логистической инфраструктуры в мультимодальных транспортных узлах и морских портах, расположенных в зоне тяготения к национальным и международным транспортным коридорам, создание опорной сети терминальных комплексов и логистических центров на территории страны.

### **Место и роль Минтранса РФ и ОАО «РЖД» в реализации крупных инвестиционных проектов развития логистической инфраструктуры**

Подпрограмма "Развитие экспорта транспортных услуг" Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы Российской Федерации (2011-2015 годы)" включает в себя проекты развития транспортно-логистической инфраструктуры. Наиболее крупные логистические комплексы предусмотрены к созданию в Московском и Северо-Западном регионе, Нижнем Новгороде, Республике Татарстан, Екатеринбурге, Краснодарском крае, в Сибири и на Дальнем Востоке. Большое внимание Министерство транспорта РФ и ОАО «РЖД» уделяют повышению конкурентоспособности морской транспортной инфраструктуры (земля-море).

Исключительно важную роль в разработке единой стратегии по реализации проектов развития логистической инфраструктуры в транспортном комплексе России играет ОАО «РЖД».

Одним из основных стратегических направлений ОАО «РЖД» является развитие логистического бизнеса компании, что предопределяет необходимость создания системы современных терминально-логистических комплексов по всей сети российских железных дорог, оптимизацию существующих терминально-складских активов РЖД и развитие бизнеса в области терминального оперирования, а также создание в структуре холдинга РЖД логистической компании, обеспечивающей интеграцию услуг структурных подразделений и дочерних обществ РЖД, а также внешних поставщиков в комплексную услугу управления цепочкой поставок.

РЖД разработан перспективный проект создания сети терминально-логистических центров (ТЛЦ) в увязке с развитием интермодальных перевозок грузов по МТК и курсированием регулярных ускоренных контейнерных поездов. Беспрецедентный масштаб этого проекта предусматривает: строительство более 50 крупных ТЛЦ, комплексную реконструкцию порядка 60 крупных грузовых дворов, модернизацию широкого круга объектов технологического комплекса, реконструкцию путевого развития на подходах к терминалам и в транспортных узлах в целом.

Большой интерес представляет проект создания в Московской области ТЛЦ "Белый Раст", непосредственное участие в реализации которого принимает стратегический партнер ОАО «РЖД» - Deutsche Bank AG". Планируемый логистический центр будет занимать территорию более 100

гектаров, на которой разместятся контейнерный терминал мощностью 290 тысяч TEU в год, универсальный терминал для переработки грузов промышленного назначения, центр таможенного оформления грузов, а также административно-деловой центр. Учреждено акционерное общество по реализации и последующей эксплуатации ТЛЦ – ОАО «Белый Раст». Специалистами центра по с привлечением DB International GmbH подготовлено технико-экономическое обоснование указанного проекта и инвестиционные предложения потенциальным инвесторам.

ОАО «РЖД» создана центральная Дирекция по управлению терминально-складским комплексом железных дорог - филиалов РЖД. Дирекция будет консолидировать деятельность более 500 грузовых дворов РЖД, и заниматься оптимизацией структуры терминально-складских активов компании. Функции терминально-складского оператора возложены на учрежденную в 2010 г. новую дочернюю компанию холдинга - ОАО «РЖД – Логистика». «РЖД - Логистика» позиционирует себя как логистический провайдер, предоставляющий клиентам комплексные логистические услуги. Выходя на логистический рынок, РЖД заявляет о своих планах стать не только крупнейшей транспортной, но и одной из лидирующих международных логистических компаний.

### **Развитие логистической инфраструктуры в морских портах России на примере Северо-Западного региона**

Объем перевозок грузов через морские порты России в 2010 г. составил свыше 450 млн. тонн. При этом 47% объема перевозок грузов морским транспортом приходится на Северо-Западный бассейн.

Одним из самых крупных инфраструктурных проектов европейского масштаба является проект строительства и развития морского торгового порта Усть-Луга. Порт Усть-Луга расположен практически на границе РФ и Европейского Союза. Строительство порта ведется на принципах государственно-частного партнерства. Заказчиком-застройщиком является ОАО «Компания Усть-Луга». Планируется, что к 2018 году порт Усть-Луга выйдет на полную мощность и будет переваливать ежегодно 180 млн. тонн грузов.

Морской порт Усть-Луга - ближайший к ЕС многофункциональный порт, расположенный в узловой точке на пересечении двух международных интермодальных транспортных коридоров: «Север-Юг» (Балтика, Черное и Каспийское море) и «Восток-Запад» (Европа-Азия). Он органично вписывается в транспортную сеть Северо-западного региона, который играет важную роль в организации транзитных перевозок грузов в рамках Европейской транспортной инфраструктуры.

Морской торговый порт (МТП) Усть-Луга строится как универсальный порт. Терминалы и профильные зоны различного назначения будут оказывать услуги по перевалке и дополнительной обработке более 20

категорий грузов. Благодаря применению современных технологий и оборудования, терминалы способны выдерживать конкурентные сроки обслуживания.

**В настоящее время в порту Усть-Луга действуют:**

- Многофункциональный перегрузочный комплекс «Юг-2» (ОАО «Морской торговый порт Усть-Луга»)
- Лесной терминал (ОАО «Лесной терминал «Фактор»)
- Универсальный перегрузочный комплекс (ОАО «Универсальный перегрузочный комплекс»)
- Угольный терминал (ОАО «Ростерминалуголь»)
- Комплекс перегрузки технической серы (ОАО «Европейский серный терминал»)
- Автомобильно-железнодорожный паромный комплекс (ФГУП "Росморпорт")

На территории порта осуществляется строительство терминально-складского логистического центра (ТС ЛЦ). После реализации всех намеченных проектов морской торговый порт Усть-Луга планирует стать самым крупным и современным портом в Балтийском регионе.

Грузооборот порта Усть-Луга в 2010 составил 15 млн тонн. К 2018 году грузооборот порта планируется увеличить до 180 млн тонн различных грузов в год. Короткий период ледовой проводки судов является одним из конкурентных преимуществ порта Усть-Луга.

В строительство порта Усть-Луга по схеме государственно-частного партнерства уже вложено 90 млрд. рублей, в т.ч. 65 млрд. руб. – частный капитал. Проект «Усть-Луга» включает в себя развитие не только непосредственно самого порта, но и прилегающих к нему территорий, а также транспортной инфраструктуры. Строительство различных объектов на территории морского торгового порта осуществляется Минтрансом РФ и дирекцией государственного заказчика - ОАО «Компания Усть-Луга».

В рамках реализации ФЦП «Модернизация транспортной системы России (2002-2010 годы)» осуществлено строительство комбинированного многоцелевого грузопассажирского автомобильно-железнодорожного паромного комплекса Усть-Луга – Балтийск – порты Германии (Мукран, Киль, Засниц).

Открытие паромного сообщения между Россией и Германией позволяет значительно сократить время доставки грузов и снизить транспортную составляющую в конечной цене продукции. Морской порт Балтийск является самым западным портом РФ, представляющим стратегический интерес для Калининградской области и России в целом. Основу порта составляет многофункциональный грузопассажирский паромный комплекс. В него входят действующий автопаромный терминал и завершённый строительством новый терминал в составе автомобильно-железнодорожной паромной линии Усть-Луга - Балтийск - порты

Германии. В состав комплекса также входит строящийся причал для перегрузки контейнеров и генеральных грузов.

Особое место среди портов Северо-Западного бассейна РФ занимает **Мурманский морской торговый порт**, расположенный на восточном берегу Кольского залива Баренцева моря. Сегодня - это крупный мультимодальный транспортный узел, связавший воедино автомобильные, железнодорожные и морские пути сообщения с грузооборотом более 15 млн. тонн, со значительным потенциалом и хорошими перспективами для дальнейшего развития.

Мурманский морской торговый порт характеризуется следующими общими показателями: площадь территории - 104 га; количество причалов - 20; общая протяженность причалов - 3800 метров; глубины у причалов - до 15 метров; общая длина железнодорожных подъездных путей - 10,5 км; общий грузооборот превышает 12 млн. тонн. По объему перевалки сухих грузов Мурманский порт прочно удерживает второе место в Северо-Западном регионе после порта в Санкт-Петербурге.

Современный Мурманский морской порт - один из крупнейших незамерзающих портов в РФ. Мурманский порт является портом приписки всех атомных ледоколов России. 15-го октября 2010 года Мурманск был официально объявлен особой экономической зоной (ОЭЗ). Основная цель создания ОЭЗ – обеспечение условий для развития мощной транспортно-торговой инфраструктуры, привлечение инвестиций и в конечном итоге развитие социальной сферы.

Мурманский морской торговый порт является крупнейшим и практически единственным крупным перевалочным пунктом угля в Северном морском бассейне. Объем экспорта угля через Мурманск увеличился за последние годы с 217 тыс. тонн в 1995 г. до 6,7 млн. тонн в 2008 г., то есть более чем в 30 раз. Эффективно функционирует терминальный комплекс по перегрузке угля «Лавна», расположенный на территории Мурманского морского порта.

В рамках программы развития Мурманского транспортного узла разработан проект создания на территории ММТП координационного логистического центра (КЛЦ ТУ), обеспечивающего технологическое взаимодействие и координацию в работе смежных видов транспорта, функционирующих в транспортном узле. Помимо выполнения своих прямых координирующих функций, Мурманский КЛЦ ТУ призван стать пилотным объектом в реализации концепции ОАО «РЖД» формирования опорной сети КЛЦ в крупных транспортных узлах и морских портах России.

Другим крупным проектом развития ММТП является строительство контейнерного терминала. Площадь территории составит 67 гектаров. Пропускная способность терминала составит 760 тыс. TEU в год, из них 75% составят контейнеры транзитного направления и 25% – контейнеры

экспортно-импортного направления. Срок реализации проекта составит 4-5 лет.

Точкой роста для Мурманского морского торгового порта может стать перспективный проект разработки Штокманского газоконденсатного месторождения, расположенного в шельфовой части Баренцева моря и являющегося одним из крупнейших газовых месторождений в мире.

Еще одно перспективное направление для роста грузооборота ММТП – развитие «Северного морского пути», который является кратчайшим морским путем между Европейскими и Азиатскими рынками. Так, расстояние, проходимое судами из порта Мурманск в порт Йокогама (Япония) через Суэцкий канал, составляет 12840 морских миль, а «Северным морским путем» — только 5770 морских миль.

Морской порт Мурманск находится на пути трех Евроазиатских международных транспортных коридоров: МТК «Север – Юг», МТК «Восток – Запад» и МТК «Северный морской путь», что является несомненным конкурентным преимуществом порта при организации внешнеторговых перевозок, в том числе контейнерных из стран Юго-Восточной Азии в Европу и США.

### **Создание опорной сети терминалов и ЛЦ в рамках реализации Программы «Развитие транспортно-логистической системы в Московской области»**

Развитие Московского транспортного узла в соответствии с мероприятиями подпрограммы «Развитие экспорта транспортных услуг» включает строительство Центральной кольцевой автомобильной дороги и создание современной транспортно-логистической инфраструктуры Московского региона. Цель проектов – ликвидация «узких мест» на основных направлениях транзитных потоков, повышение качества транспортного обслуживания в регионе Москвы и ближнего Подмосковья, снятие перегрузки с сети магистральных дорог вблизи Московского автодорожного узла за счет перераспределения потоков движения. Финансирование строительства предполагается осуществить за счет средств федерального бюджета и бюджета Московской области, средств частных инвесторов на условиях государственно-частного партнерства.

Суммарная площадь терминально-складских объектов Московского региона, включающего в себя территорию Москвы и Московской области, на начало 2009 г. по данным консалтинговых компаний оценивается в 12 млн м<sup>2</sup>. В последнее время происходил бурный рост рынка складских площадей, преимущественно – за счет высококачественных складских объектов, классов «А» и «В». В результате, общая площадь складских объектов класса «А» и «В» в Московском регионе на начало 2009 г. составила 4,9 млн м<sup>2</sup>. В 2007 – 2008 гг. на рынке региона появились первые крупные комплексы общей площадью более 100 тыс. м<sup>2</sup> (в 2007 г. – ПЛК

«Северное Домодедово» (558 тыс. м<sup>2</sup>), в 2008 г. – ТЛК «Томилино» (150 тыс. м<sup>2</sup>) и ЛП «Истра» (156 тыс. м<sup>2</sup>).

На сегодняшний день суммарная площадь объектов терминально-складского назначения, заявленная к реализации на территории Московского региона, составляет не менее 3,7 млн м<sup>2</sup>. Только у 20% из общего объема строящихся и проектируемых объектов терминально-складского назначения в Московском регионе присутствует железнодорожная ветка, при этом в каждом из этих случаев существуют ограничения в ее использовании.

Следует отметить практическое отсутствие в Московском регионе крупных мультимодальных контейнерных терминалов с участием нескольких видов транспорта при совмещении технологии грузопереработки, что сдерживает развитие интермодальных перевозок грузов в унифицированных контейнерах и, соответственно, не способствует привлечению международных транзитных грузопотоков на транспортные коммуникации Московского региона.

По-прежнему актуальной является проблема вывода из Москвы на территорию Московской области контейнерных терминалов и грузовых дворов ряда железнодорожных станций. Большинство контейнерных терминалов, находящихся на территории Московской городской агломерации, не имеют возможностей для своего дальнейшего расширения и развития, отсутствуют надежные подъездные пути к ним.

Отсутствие достаточно развитой транспортно-логистической инфраструктуры в Московском транспортном узле, не позволяет в полной мере обеспечивать потребности региона в транспортных и складских услугах, не обеспечивает должный уровень сервисного обслуживания клиентуры, сдерживает реализацию внешнеторгового и транзитного потенциала и приводит к крупным как прямым, так и косвенным потерям в виде упущенной выгоды.

В настоящее время ОАО «ЦКАД» совместно с министерством транспорта Московской области разработана Программа «Развитие транспортно-логистической системы в Московской области на период до 2015 года», одобренная Правительством Московской области и Министерством транспорта РФ.

Программа предусматривает создание в Московском транспортном узле (МТУ) опорной сети мультимодальных транспортно-логистических центров (МТЛЦ), обеспечивающих координацию и взаимодействие видов транспорта, консолидацию участников транспортно-распределительного процесса, высокий уровень сервисного обслуживания клиентуры, внедрение передовых логистических технологий, включая развитие интермодальных перевозок грузов в унифицированных контейнерах.

Проведенный многофакторный анализ оптимизации размещения объектов терминально-логистической и складской инфраструктуры на территории

Московской области с учетом прогноза межрегиональных и международных, а также транзитных грузопотоков по системе международных транспортных коридоров, проходящих через Московский транспортный узел, позволил разработать принципиальную схему развития и размещения объектов транспортно-логистической и инновационной инфраструктуры на территории Московской области.

Стратегия формирования Московской транспортно-логистической системы, предложенная еще в рамках Программы «Московский терминал», основанная на формировании терминально-логистических колец вокруг г. Москвы, объединенных едиными подсистемами организационно-экономического, финансового, информационного, нормативно-правового и кадрового обеспечения, сохраняет свое значение и на перспективу.

Первое логистическое кольцо в зоне МКАД практически уже сформировано преимущественно крупными оптовыми торговыми структурами в виде центров оптовой торговли, таких как «Рамстор», «Оби», «Метро» и др.

Второе логистическое кольцо будет формироваться в зоне ЦКАД, где планируется создать 11 крупных МТЛЦ и порядка 19 терминально-логистических комплексов и ЛЦ, площадью от 40-60 до 250-400 га, многие из которых будут интегрированы на основе новейших инновационных логистических технологий с индустриально-логистическими парками, технопарками и наукоградами.

Третье логистическое кольцо будет создаваться в зоне МБК (Московское большое автомобильное кольцо) и БМО (Большая Московская окружная железная дорога) и специализироваться преимущественно на обслуживании транзитных по отношению к г. Москве и Московской области перевозок грузов, включая внешнеторговые.

Формирование терминально-логистических комплексов и логистических парков будет осуществляться на территории предлагаемых к созданию в Московской области 11 промышленных округов в соответствии с рекомендуемыми направлениями их развития, определенными Постановлением Правительства Московской области.

Наиболее крупные МТЛЦ, терминально-логистические комплексы и логистические парки планируются к созданию в зоне ЦКАД: в Домодедовском, Каширском, Ступинском, Одинцовском, Наро-Фоминском, Ногинском, Коломенском, Подольском и Дмитровском районах Московской области.

Крупные по площади земельного участка приоритетные объекты развития логистической инфраструктуры, которые включены в Программу развития транспортно-логистической системы в Московской области, будут располагаться в основном на удалении более 30-50 км от МКАД, преимущественно в зоне ЦКАД. Объекты терминально-складского

хозяйства будут иметь универсальный характер, направленный на потребителей не только Московского региона, но и других соседних регионов. Перспективные крупные объекты транспортно-логистической инфраструктуры будут являться приоритетными для международных и крупных национальных компаний.

Потребность в финансировании объектов строительства многофункциональных транспортно-логистических комплексов на территории Московской области, согласно перечню мероприятий Программы на период до 2015 г., оценивается в 79 954 млн. рублей. Программа предусматривает развитие системы транспортно-логистических центров в Московской области преимущественно за счет внебюджетных источников с привлечением средств частных инвесторов.

Проведенные расчеты на основе данных проектов аналогов позволили осуществить предварительную оценку эффективности реализации мероприятий Программы. При потребности в инвестициях на создание 30 объектов транспортно-логистической инфраструктуры на территории Московской области, составляющей порядка в 2,7 млрд. долл. США, совокупный интегральный эффект за 10-летний период оценивается в 7,5 млрд. долл. США при сроке окупаемости инвестиций 7-8 лет. Бюджетная эффективность в виде дополнительных поступлений в бюджеты всех уровней может составить 3,5 млн. долл. США. При этом дополнительно будет создано от 30 до 40 тыс. рабочих мест.

Учитывая единство Московского транспортного узла и соответственно транспортного комплекса Московской городской агломерации и Московской области, стратегически определяющее значение будет иметь конструктивная координация планов развития транспортно-логистической инфраструктуры со стороны правительственных органов Москвы и Московской области, а также предпринимателей и инвесторов, установление между ними партнерских взаимовыгодных отношений на принципах государственно-частного партнерства, направленных на создание единой интегрированной транспортно-логистической системы на территории Московского региона.

#### *Список литературы*

1. Прокофьева Т.А., Адамов Н.А. Стратегия развития логистической инфраструктуры в транспортном комплексе России. М.: ИД «Экономическая газета», 2011. – 305 с.
2. Прокофьева Т.А., Карнаухов С.Б., Архипов А.С.. Развитие логистической инфраструктуры в Московском транспортном узле: современное состояние, проблемы и перспективы. // Риск, 2011, № 4.
3. Прокофьева Т.А., Сергеев В.И. Развитие логистической инфраструктуры в транспортном комплексе России: состояние вопроса, проблемы и перспективы. М.: Изд-во Эс-Си-Эм Консалтинг – Москва, 2011. – С. 80-104.

# ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Н.С. Киреева

*Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва,  
Россия  
natkireeva@rambler.ru*

В статье освещены основные проблемные вопросы, цели и задачи проводимого научного исследования по оценке инновационного потенциала логистических систем. В основу исследования положена гипотеза о том, что раскрытие инновационного потенциала логистической системы неизменно должно привести к повышению стандартов обслуживания клиентов логистических систем.

## TEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF INNOVATIVE POTENTIAL ESTIMATION OF LOGISTIC SYSTEMS

Natalia Kireeva

*Plekhonov Russian University of Economics  
E-Mail: natkireeva@rambler.ru*

The article covers the key questions, purpose and objectives of the conducted scientific research on estimation of innovative potential of logistics systems. The research is based on the hypothesis that the revealing an innovative potential of supply chains simultaneously leads to the increase of quality standards in services of logistics chains customers.

### ВВЕДЕНИЕ

В работах отечественных ученых и в выступлениях политиков инновации в первую очередь рассматриваются как конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в области наукоемких технологий, в топливно-энергетическом комплексе, машиностроении, металлургии и других отраслях народного хозяйства (технологические инновации). Однако инновации могут быть представлены и в виде новшеств, направленных на повышение эффективности деятельности отдельных субъектов народного хозяйства, совершенствование стандартов обслуживания при условии

востребованности вносимых изменений со стороны государства и бизнеса (организационно-управленческие инновации). По нашему мнению, сфера деятельности, связанная с организацией процессов продвижения товаров и услуг от производителей к потребителям также обладает достаточно большим потенциалом в области повышения общей эффективности и совершенствования стандартов обслуживания (логистические инновации). В связи с этим, представляется, что проблема осуществления оценки инновационного потенциала логистических систем на основе совокупности научно обоснованных показателей, в условиях высококонкурентного рынка приобретает на современном этапе особую актуальность.

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ЕГО ОЦЕНКА**

Действительно, вопросы оценки инновационного потенциала и обеспечения инновационного, «прорывного», развития приобретают всё большее значение и актуальность не только для отдельных предприятий, но и для отраслей и сфер деятельности российской экономики. Сегодня, в период постиндустриальной экономики - экономики знаний, инновации стали решающим фактором экономического развития. В свою очередь, экономика знаний не может существовать без должного уровня развития информационных технологий, впрочем, как и без должного уровня развития инфраструктурного обеспечения. И здесь на первый план выходят логистические системы, как системы, способные упорядочить и оптимизировать потоковые процессы. Вместе с тем, остаются нерешенными вопросы оценки инновационного потенциала логистических систем.

В современной экономической литературе вопросам исследования и оценки инновационного потенциала различных субъектов хозяйствования, отдельных регионов и областей уделяется достаточное внимание. Однако, оценка потенциала логистических систем, как обеспечивающих инновационное развитие отдельных субъектов хозяйствования и регионов в целом, до сих пор остается недостаточно изученной.

Следует отметить, что единства подходов к трактовке категории «инновационный потенциал» до сегодняшнего дня не наблюдается, также не существует и единой системы измерения инновационного потенциала. В большинстве случаев проблема определения инновационного потенциала разрешается за счет осуществления мониторинга и оценки состояния определенной совокупности экономических показателей, основная часть из которых относится к финансовой группе. Этот подход представляется недостаточно комплексным и односторонним, поскольку инновационный потенциал затрагивает и вопросы кадрового обеспечения, и инвестирования, и оценки уровня сервиса (особенно в высококонкурентных отраслях).

В данном научном исследовании мы исходим из того, что инновационный потенциал логистических систем, прежде всего, заключен в оптимизации комплекса взаимоотношений между участниками цепи поставок, направленной на достижение общей цели логистической деятельности: с минимальными издержками обеспечить прохождение материального и информационного потоков по цепи поставок при наиболее эффективном использовании интеллектуального капитала предприятия и человеческих ресурсов, передовых технологий и материальной базы. Решению этих вопросов посвящены труды многих отечественных и зарубежных ученых. Так, значительный вклад в теорию и методологию развития инновационного потенциала внесли российские ученые академики РАН и члены-корреспонденты РАН А.Г. Гранберг, Д.С. Львов, А.П. Егоршин, Л.И. Абалкин, и др. Развитию национальных инновационных систем посвятили свои работы экономисты К. Фримен, Б.-А. Лундвалл, Р. Нельсон, В.Л. Иноземцев, Е.Ф. Авдокушин, С.А. Филин, Т.А. Исмаилов, Г.С. Гамидов, С. Галахер, Ш. Хазлет. Исследованиям в области инноваций в логистике посвящены работы отечественных и зарубежных ученых: Б.А. Аникина, С.Б. Карнаухова, Д.Т. Новикова, О.Д. Проценко, И.О. Проценко, В.М. Пурлика, И. Ансоффа, Д. Дж. Бауэрсокса, Д. Дж. Клосса и ряда других известных ученых. Вместе с тем, проблема оценки инновационного потенциала логистических систем еще недостаточно изучена, несмотря на ее очевидную актуальность, а также потенциальный экономический эффект, который может быть достигнут при применении подобной системы оценки на практике.

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА**

Цель научного исследования состоит в разработке методики оценки инновационного потенциала логистических систем, использование которой на практике позволит добиться повышения стандартов обслуживания в условиях высококонкурентного рынка.

При определении инновационного потенциала развития логистических стандартов обслуживания предполагается исходить из следующих принципов:

- гибкость стандартов обслуживания, их направленность на учет меняющихся требований рынка, потребителей, обслуживаемой продукции;
- максимальное соответствие требованиям потребителей и характеру потребляемой продукции;
- оперативная поставка запасных частей и комплектующих и создание для этого необходимой инфраструктуры;
- сбор и систематизация информации об условиях эксплуатации продукции у потребителей;
- участие в совершенствовании и модернизации продукции на основании результатов регулярных исследований;

- использование в деятельности принципов бенчмаркинга.

Учитывая, что инновационный потенциал логистической системы во многом определен степенью ее готовности выполнить задачи, обеспечивающие достижение поставленной инновационной цели, представляется целесообразным провести тщательный анализ рынка логистических услуг. Исходя из поставленной цели, мы видим две серьезные подзадачи. Первая подзадача - проведение исследования рынка логистических услуг, на основании которого следует предложить варианты организации логистических систем, оценить уровень развития логистических услуг, выявить ключевые конкурентные преимущества логистических компаний и потребности их клиентов; предложить систему инновационных методических рекомендаций по удовлетворению ожиданий клиентов. Вторая подзадача - на основании результатов анализа первой главы предложить систему показателей оценки инновационного потенциала логистических систем и методику проведения оценки, разработать рекомендации по совершенствованию стандарта обслуживания клиентов логистических компаний, сформировать инновационную стратегию логистической системы на базе оценки ее инновационного потенциала.

## **ЛОГИКА И ЗАДАЧИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для достижения сформулированной цели исследования в работе потребуются решить следующие частные задачи:

- предложить варианты организации логистических систем, что позволит смоделировать многовариантность инновационных решений, определить универсальные решения в различных формах организации поставки товаров и оказания услуг;
- оценить уровень развития логистических услуг, что позволит сделать выводы относительно востребованности той или иной составляющей оценки инновационного потенциала, исключить невостребованные составляющие и включить составляющие, оказывающие наибольшее влияние на уровень развития инновационных компонентов деятельности;
- выявить ключевые конкурентные преимущества логистических компаний и потребности их клиентов, что необходимо при формировании системы показателей инновационного потенциала логистических систем, учитывающих уровень сервиса и кадровый потенциал;
- предложить инновационные методические рекомендации по удовлетворению ожиданий клиентов, что будет являться одним из первых результатов исследований, оказывающих влияние на конкурентоспособность логистических систем, а, следовательно, на повышение стандартов обслуживания в условиях высококонкурентного рынка;
- предложить систему показателей оценки инновационного потенциала логистических систем и методику проведения оценки, которая будет представлять собой наиболее значимый результат исследования, и позволит со-

ответствующим министерствам и ведомствам в дальнейшем принимать решения по развитию логистической инфраструктуры с целью обеспечения гармоничного и интенсивного развития российской экономики, изменению баланса в соотношении объемов экспорта сырьевых ресурсов и экспорта высокотехнологичной продукции»;

- предложить рекомендации по совершенствованию стандарта обслуживания клиентов логистических компаний, основанные на изучении потребительских предпочтений и ожиданий;

- сформировать инновационную стратегию развития логистических систем на базе оценки их инновационного потенциала. Представляется целесообразным проводить исследование в 2 этапа, каждый из которых имеет логичный взаимосвязанный результат. Логика исследования представлена на рисунке 1.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Первый раздел планируется посвятить рассмотрению вопроса повышения стандартов обслуживания как основы развития инновационного потенциала логистических систем. В первом разделе будут представлены теоретико-методологические основы оценки инновационного потенциала: рассмотрены основные понятия, которые используются в научном исследовании, уточнены и определены с учетом новых требований развития экономики (эпоха «экономики знаний») понятия: «логистическая система», «инновации», «инновационный потенциал организации и систем», «клиентоориентированность». Для достижения целей исследования будут выявлены составляющие инновационного потенциала, представлены теоретические основы определения методики оценки инновационного потенциала, будут представлены различные варианты организации логистических систем, смоделированы типовые схемы, для каждой из которых предложены универсальные решения по оценке инновационного потенциала.

Планируется провести анализ уровня развития логистических услуг на высококонкурентном рынке; будут представлены результаты оценки уровня развития логистических услуг и сделаны выводы относительно целесообразности включения в оценку инновационного потенциала той или иной составляющей, определены составляющие показателей, оказывающие наибольшее влияние на уровень развития инновационных компонентов деятельности. Также в данном разделе будут выявлены ключевые конкурентные преимущества логистических компаний и определены потребности клиентов логистических компаний, что необходимо для формирования системы показателей инновационного потенциала логистических систем, учитывающей уровень сервиса и кадровый потенциал.

Результаты разработки инновационных методических рекомендаций по удовлетворению ожиданий клиентов, которые могут стать основой для управления конкурентоспособностью, что, в свою очередь, позволит повы-

сить стандарты обслуживания в условиях высококонкурентного рынка и развивать те составляющие деятельности, которые обладают наибольшим инновационным потенциалом также будут представлены в работе.

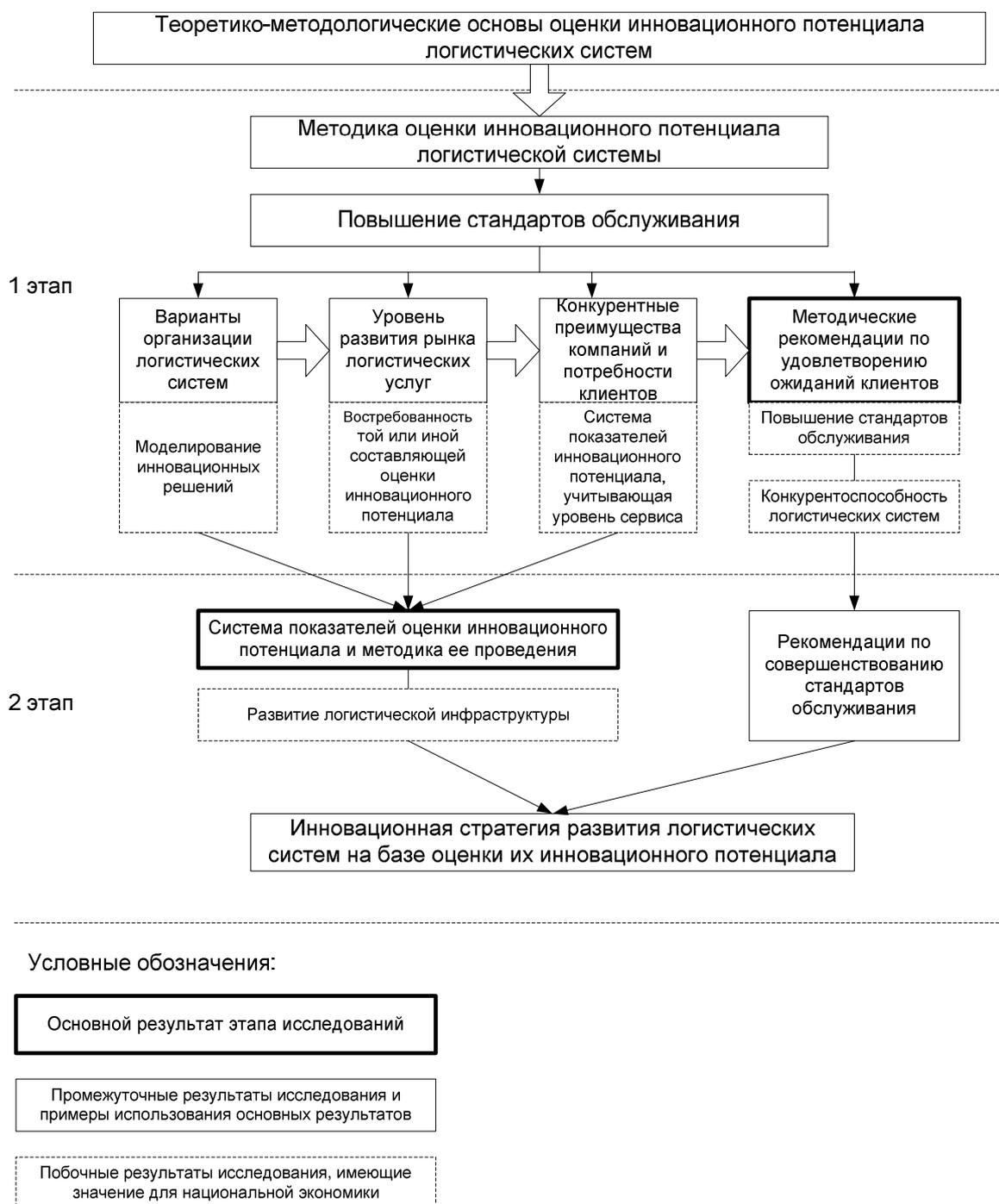


Рис. 1. Логика и результаты исследования

Второй раздел планируется посвятить оценке инновационного потенциала логистических систем. Будет предложена система показателей оценки инновационного потенциала логистических систем и представлена методика

проведения оценки. В целом система показателей оценки инновационного потенциала ориентируется на построение и развитие той логистической инфраструктуры, которая способна с наибольшей результативностью влиять на рост ключевых показателей российской экономики, ориентации на ее гармоничное и интенсивное развитие.

Будут предложены рекомендации по совершенствованию стандарта обслуживания клиентов логистических компаний, основанные на изучении потребительских предпочтений и ожиданий. Стандарты обслуживания клиентов оказывают непосредственное влияние на инновационный потенциал логистических систем, учитывают потребительские предпочтения и обеспечивают высокий уровень конкурентоспособности. Принимая во внимание тот факт, что показатели оценки инновационного потенциала логистических систем учитывают стандарты обслуживания и уровень сервиса, представляется целесообразным предложить рекомендации по совершенствованию стандартов обслуживания с целью укрепления инновационного потенциала логистических систем.

Стратегия развития логистических систем в эпоху экономики знаний должна опираться в большей степени на те направления, которые обладают инновационным потенциалом [3]. Для того, чтобы занять лидирующие позиции на мировом рынке логистических услуг и обеспечить высокие показатели развития российской экономики, сегодня требуется качественно новый подход к разработке стратегии развития логистических систем, к оценке их инновационного потенциала.

## **ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

В ходе выполнения научного исследования планируется получить следующие практические результаты:

- сравнительный анализ различных вариантов организации логистических систем, типовые схемы, для каждой из которых впоследствии будут предложены универсальные решения по оценке инновационного потенциала;
- анализ уровня развития логистических услуг на высококонкурентном рынке;
- систематизированная совокупность ключевых конкурентных преимуществ логистических компаний и потребностей клиентов логистических компаний, необходимых при формировании системы показателей инновационного потенциала логистических систем, учитывающей уровень сервиса и кадровый потенциал;
- совокупность инновационных методических рекомендаций по удовлетворению ожиданий клиентов;
- авторская система показателей оценки инновационного потенциала логистических систем и методики проведения оценки в зависимости от типа логистической системы;

- рекомендации по совершенствованию стандарта обслуживания клиентов логистических компаний, основанные на изучении потребительских предпочтений и ожиданий;
- инновационная стратегия развития логистических систем.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты исследования могут быть использованы для развития научного направления оценки инновационного потенциала отрасли, а также компаниями, функционирующими в сфере логистики при разработке ряда технологических решений, а именно:

- технологии применения системы показателей оценки уровня сервиса в области логистики;
- методики определения влияния уровня сервиса на конкурентное положение компании;
- стандартов обслуживания клиентов.

Таким образом, методика оценки инновационного потенциала имеет теоретическое обоснование и сферу применения в практической деятельности, востребованную сегодня в условиях высокой конкуренции. Вместе с тем, необходимы ее апробация и обсуждение на ряде научно-практических конференций, одной из которых может стать ежегодно проводимая научно-практическая конференция Российско-немецкого научного логистического сообщества DR-LOG.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Новиков Д.Т., Новиков Ф.Д. Условия адаптации логистических инноваций инфраструктурного комплекса (тезисы) / Москва, «Российское предпринимательство» 2006-№ 4
2. Проценко И.О. Стратегическая логистика. М.: ИД «Мелап», 2005
3. Управление знаниями в инновационной экономике: Учебник / Под ред. Б.З. Мильнера. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2009.

# LOGISTICS ADMINISTRATION OF THE FORMATION OF THE MULTILATERAL PARTNERSHIP IN THE REGION

B.G. Khairov

*Omsk Branch of the Finance University under the Government of the Russian Federation, c. Omsk, Russia  
hairov@bk.ru*

Обоснована необходимость логистического администрирования процесса становления многостороннего партнерства в регионе. Определены признаки сотрудничества предпринимательских и властных структур в рамках логистической системы на четко разработанных принципах паритетности многостороннего партнерства. Lean-технологии рассмотрены как один из инструментов создания логистической системы многостороннего партнерства в регионе. Раскрыта роль логистического администрирования в становлении отношений властных и предпринимательских структур многостороннего партнерства.

This article addresses the need to administer the logistics of the process of multilateral partnership in the region. It also identifies signs of cooperation of business and authorities within the logistics system on clearly defined principles of parity basis of multilateral partnership. It deals with Lean-technologies as a tool to create a logistics system of the multilateral partnership in the region. The author revealed the role of logistics management in the development of multilateral partnership relations between government and business structures.

## **Введение**

Важным фактором устойчивого экономического развития и достижения нормального уровня жизнеобеспечения населения является формирование цивилизованного современного предпринимательства в экономическом пространстве России. Экономические достижения, в том числе высокие темпы экономического роста, инвестиции, нововведения во многих странах с рыночной экономикой напрямую зависят от реализации предпринимательского потенциала.

Необходимым условием в процессе использования инноваций в при формировании региональной стратегии развития является единый подход в понимании нововведений, в том числе в управлении. Внедрение логистического администрирования во взаимоотношения предпринимательских и властных структур региона позволит сформировать эффективное многостороннее партнерство.

## **Обзор имеющейся международной литературы**

Исследованиям, проводимым в области логистики, посвящены труды Л.Б. Миротина, Д.Т. Новикова, Т.А. Прокофьевой, О.Д. Проценко, В.И. Сергеева и др.

Значительный вклад в разработку теории предпринимательства внесли фундаментальные исследования М. Вебера, И. Кирцнера, Ж.-Б. Сэя, Й. Шумпетера и др. Современные исследования, посвященные данной проблеме, были осуществлены отечественными и зарубежными учеными, такими как М.Г. Лапуста, М. Мескон, А. Хоскинг, В.Г. Яроцкий, и др.

По проблеме институциональных аспектов отношений между государством и частным сектором опубликованы фундаментальные труды Д. Кейнса, Д. Локка, А. Смита, и др.

Различные проблемы сотрудничества институтов предпринимательства и власти с разных позиций анализировались в трудах таких ученых, как В.Г. Варнавский, В.А. Михеев, М. Портер, А.Д. Радыгин, Ф.И. Шамхалов и др.

Имеющиеся исследования по данной теме либо носят общесистемный характер, либо затрагивают отдельные аспекты прикладного использования, что не позволяет увязать теоретические и методологические положения с актуальными проблемами реального построения и развития логистического администрирования в процессе становления многостороннего партнерства в регионе.

## **Описание методологии исследования**

В новой экономической среде многие предпринимательские структуры не имеют четкой скоординированной политики формирования партнерских отношений. Необходимо отметить, что отсутствие глубоких теоретических исследований партнеров на этапе их выбора стало одной из главных причин низкой экономической эффективности взаимодействия властных и предпринимательских структур. Отсутствует понимание того, насколько тесными должны быть такие связи и каким образом должны осуществляться. Экономике региона необходимо такая организация бизнеса, которая бы отвечала требованиям адаптивности и открытости к инновациям.

Учитывая мировые тенденции современной экономики, автор считает, что предпринимательству необходимо сотрудничество и взаимовыгодные отношения с государством, партнерами по бизнесу, потребителями и обществом с целью формирования взаимовыгодных отношений в логистической системе многостороннего партнерства.

Классификационные признаки участников взаимодействия прослеживаются из исследований определения предпринимательства, где проявляется ряд синергетических принципов, а именно принцип эффективности взаимодействия. Поэтому, автором предложена структура классификационных признаков участников частно-государственного

взаимодействия (рис.1), позволяющая учитывать их при построении логистической системы многостороннего партнерства.



Рис.1. Структура классификационных признаков участников частно-государственного взаимодействия

Сложность и условность данных характеристик признаков позволят менять и дополнять их с учетом особенностей многостороннего партнерства. Таким образом, выделенные признаки частно-государственного взаимодействия будут трансформированы в его основные функции при поиске новых возможностей для достижения наилучших результатов сотрудничества предпринимательских и властных структур в рамках

логистической системы на четко разработанных принципах паритетности многостороннего партнерства [3].

Созрела необходимость, в современных условиях развития экономики, региональным властям и субъектам предпринимательства в применении логистического подхода в планировании и организации государственных закупок, формировании государственных резервов регионального уровня и управления ими, создании механизмов быстрого реагирования на форс-мажорные политические и экономические ситуации.

Логистическая система взаимодействия властных и предпринимательских структур региона, на наш взгляд, должна быть основана на единстве логистического администрирования и организации предпринимательской деятельности в рамках многостороннего партнерства. Логистическое администрирование отличается от традиционного в логистике управления потоковыми процессами преобладанием функций моделирования и координирования, что существенно повысит уровень взаимодействия предпринимательских и властных структур региона. Так, по мнению, В.И. Сергеева: «администрирование логистических систем можно определить как комплекс управленческих функций и процедур, осуществляемых логистическими менеджерами фирмы (преимущественно с применением информационно-компьютерных технологий) для достижения стратегических, тактических и оперативных целей логистических систем» [2].

Созданию логистической системы партнерства и её успешному функционированию препятствуют, как правило, сохранение приоритета собственных, частных интересов входящих в систему субъектов и отсутствие реального их единства.

Логистическое администрирование в данном случае необходимо для обеспечения надежного и выгодного представления региона на внешнем рынке, а также для создания эффективных внутрирегиональных экономических связей, что позволит повысить инвестиционную привлекательность региона.

Период кризиса и восстановительного развития доказал неизбежность регулирования и координации на основе логистики объединенных усилий властных и предпринимательских структур. Таким образом, очевидно, что назрела необходимость разработки инструментария взаимодействия властных и предпринимательских структур на базе создания логистической системы многостороннего партнерства в регионе.

Логистическое администрирование позволяет рассматривать инновации в многосторонних партнерствах в области процессов, а не в области продукции, что позволит достичь экономического преимущества.

Предметом исследования, в том числе, могут стать управленческие отношения, возникающие в процессе формирования и развития институционального обеспечения функционирования логистической

системы региона. Решение данной проблемы требует обновления структуры системы коммуникаций трансфера инноваций. Анализ и выявление конфликтных ситуаций во взаимодействии предпринимательских и властных структур позволит выявить причины, снижающие их интегративность и невозможность рассмотрения их как систему многостороннего партнерства. Необходима структуризация институционального обеспечения задач трансфера инноваций в сфере инновационной политики, права, экономики, информационно-аналитической сфере, что в свою очередь, повышает синергию за счет скоординированности действий финансовых и нефинансовых институтов в процессе коммерциализации результатов взаимодействия.

Появление стратегий, опирающихся на компетентность в логистике как на средство достижения конкурентных преимуществ, стало следствием всеобщей приверженности маркетингу, ориентированному на потребителя. В его основе лежит идея, согласно которой долгосрочная способность фирмы наращивать свою рыночную долю опережающими темпами по сравнению с отраслевым ростом зависит от ее умения привлекать и удерживать наиболее преуспевающих потребителей отрасли. Сама сущность ориентированного на потребителя маркетинга, которая заключается в том, чтобы сосредотачивать ресурсы на избранных ключевых покупателях, выдвигает на первый план компетентность поставщика в логистике. Так, финансовые потоки определяют деловые связи, которые должны строиться на предварительных договорах, нацеленных на обеспечение прибыльного роста бизнеса клиента. Смысл здесь прост: насколько потребители преуспевают, настолько благоприятные позиции отводят они своим поставщикам. Потенциальное преимущество тесных хозяйственных связей состоит в том, что они позволяют отчетливо увидеть противоречие между базовым уровнем сервиса и все более популярной концепцией полного удовлетворения потребителей (не говоря уже о еще более «продвинутой» концепции содействия успеху потребителей).

Так, стратегическая эффективность партнерства властных и предпринимательских структур, на наш взгляд, может быть определена с помощью критерия информационной коммуникативности, характеризующего наличие систематизированных и устойчивых взаимосвязей с учетом реального участия каждого субъекта логистической системы региона. Применение современных логистических технологий типа «Lean production» в финансовых коммуникациях взаимодействия властных и предпринимательских структур позволит упорядочить эти отношения и поднять их на новый качественный уровень многостороннего партнерства.

Lean-технологии впервые были разработаны и пользуются наибольшей известностью в производственной сфере, но применяются и в различных

секторах сферы услуг. Однако, если экономика и организация управления производством и обращением продукции, а также инфраструктурным обеспечением в виде традиционных ресурсоемких услуг (материально-технического обеспечения, транспорта, складских комплексов и т.д.) были исследованы в период индустриальной эпохи достаточно обстоятельно и глубоко, то аналогичные проблемы относительно нематериальных услуг в условиях сервисной экономики находятся в начальной стадии их постановки и решения.

В первоисточнике речь идет скорее об оптимизации процесса производства, а не о простом снижении затрат. Именно поэтому был выбран термин «lean», обозначающий буквально «худой, тощий, без излишеств». В широком значении «lean» можно описать как способ делать все больше с все меньшими затратами, при этом приближаясь к тому, чтобы обеспечивать потребителей именно тем, что им нужно [1].

Однако, применение lean-технологий в сфере финансов имеет свою специфику, определяющуюся двойной природой процесса оказания услуг: наличие не только деятельности (услуги, направленной на человека), но и обслуживания.

Стремление к развитию в регионе взаимодействия предпринимательских и властных структур возможно на основе совершенного управления с использованием логистического администрирования, что возможно при условии формирования многостороннего партнерства. Взаимное доверие, имеющее фундаментальное значение для тесного партнерства, достигается лишь в результате постоянного повышения качества логистического администрирования.

Таким образом логистическое администрирования является ключевым инструментом формирования многостороннего партнерства на инновационной основе, в том числе в процессе управления экономикой региона. Необходимым условием внедрения логистического администрирования во взаимоотношения предпринимательских и властных структур региона является единый подход в понимании нововведений, в том числе в процессе использования инноваций в управлении при формировании региональной стратегии развития.

## **Результаты**

Анализ предмета исследования – теоретических и методических аспектов необходимости логистического администрирования процесса становления многостороннего партнерства в регионе позволил сделать следующие выводы.

Признаки частно-государственного взаимодействия возможно трансформировать в его основные функции при поиске новых возможностей для достижения наилучших результатов сотрудничества предпринимательских

и властных структур в рамках логистической системы на четко разработанных принципах паритетности многостороннего партнерства.

Применение современных логистических технологий типа «Lean production» в коммуникациях взаимодействия властных и предпринимательских структур позволит упорядочить эти отношения и поднять их на новый качественный уровень – многостороннее партнерство.

Эффективное многостороннее партнерство достигается в результате постоянного повышения качества логистического администрирования.

### **Заключение**

Период кризиса и восстановительного развития доказал неизбежность регулирования и координации на основе логистики объединенных усилий властных и предпринимательских структур. Таким образом, очевидно, что назрела необходимость разработки инструментария взаимодействия властных и предпринимательских структур на базе создания логистической системы многостороннего партнерства в регионе.

Логистическое администрирование позволяет рассматривать инновации в многосторонних партнерствах в области процессов, а не в области продукции, что позволит достичь экономического преимущества.

Стремление к развитию в регионе взаимодействия предпринимательских и властных структур возможно на основе совершенного управления с использованием логистического администрирования, что возможно при условии формирования многостороннего партнерства.

### **Литература**

1. Вумек Джеймс П., Джонс Дэниел Т. Бережливое производство: как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 473 с.
2. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под. общ. редакцией проф. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА – М, 2005. – 976 с.
3. Хаиров, Б.Г. Построение логистической системы взаимодействия предпринимательских и властных структур (на примере лесопромышленного комплекса региона) [Текст]/ Б.Г. Хаиров // Официальная ежегодная конференция Российско-Германского Научного Логистического сообщества. 11-14 мая 2011 г. – г. Бремен, С.483-492

# LOGISTICAL SUPPORT OF DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL SERVICES IN THE INNOVATIVE ECONOMY OF THE REGION

S.M. Khairova

*Siberian State Automobile and Road Academy, c. Omsk, Russia  
saida\_hairova@mail.ru*

Логистический подход позволяет рассматривать вуз как центр коммуникации бизнеса, общества, властных структур по вопросам обмена передовыми знаниями, решения региональных проблем. Формирование консорциума образовательных учреждений позволит вузам стать системообразующим компонентом региональной инновационной системы. Логистика образовательных услуг должна быть сориентирована на максимальное удовлетворение системы потребительских предпочтений региона.

Logistic approach allows us to consider high school as a center of communication between business, society and authorities on questions of the exchange of advanced knowledge and solution of regional problems. The formation of a consortium of higher education institutions will help high schools become the backbone component of the regional innovation system. Logistics of education services should be oriented to the maximum satisfaction of consumer preferences in the region.

## **Введение**

Неразвитость связей между основными участниками инновационной деятельности и отсутствие действенных механизмов коммерциализации результатов научной мысли остаются основным препятствием на пути построения конкурентоспособной российской инновационной системы, что обуславливает актуальность развития механизма управления инновационной инфраструктурой организаций образования на принципах логистики и определяет выбор темы исследования.

Подход к вузу как к инновационно-креативной системе подразумевает, в том числе, акцент на динамику изменений в вузе и его внешней среде с помощью применения новых подходов к организации деятельности вуза - построение логистических сетей, адаптивных цепей поставок и виртуальных организаций, моделирование логистических систем.

Вместе с тем, эффективная деятельность организации невозможна без адекватной системы управления. При этом, как со стороны высшего учебного заведения, так и со стороны государства, необходимы определенные усилия для развития инновационной инфраструктуры. Для этого необходимо эффективное взаимодействие всех подсистем и элементов национальной инновационной системы (государство,

образование, наука, бизнес), которое позволит создать применимую для всех систему создания и управления инновациями в регионе.

Логистическое обеспечение образовательных услуг должно быть сориентировано на максимальное удовлетворение системы потребительских предпочтений региона при одновременном создании предпосылок для развития инновационной экономики региона.

## **Обзор имеющейся международной литературы**

Исследованиям, проводимым в области логистики, посвящены труды Б. Аникина, Л. Миротина, Д. Новикова, В. Сергеева, Л. Сосуновой, О. Проценко, В. Щербакова.

В работах В.Атояна, Д. Белла, С.Глазьева, П. Друкера, Д. Львова, О. Милютиной, Р. Нельсона, Д.Норта, М. Портера и других даны основы теории управления знаниями (Knowledge management), определены базисные принципы взаимодействия науки и производства, организационные формы их координации, изложены фундаментальные положения концепции информационной экономики и научно-технических циклов.

Значительный вклад в развитие теории инноваций и инновационного менеджмента внесли Д.Белл, Д. Гэлбрейт, М. Догсон, П. Друкер, В. Кингстон, Я. Кук, П. Майерс, Ф. Никсон, Б. Санто, Б. Твист, Й Шумпетер, Ф. Янсен, а также ряд российских исследователей: В. Атоян, А. Жабин, А. Карлик, Н. Горелов, С. Носков, Б. Татарских, В. Тюрина и др.

Вопросам специфики современной экономики, роли человеческого капитала и ее развитию посвящены работы Г. Беккера, Д. Белла, Дж. Коулмана, Х. Ламперт, Н. Мэнкью, Р. Рассела, П. Самуэльсона, К. Хаксевера, Н.Горелова, О.Мельникова.

Вместе с тем комплексное изучение вопросов определения эффективности логистики для формирования инфраструктуры инновационной деятельности образовательных услуг не получило достаточно широкого развития в трудах отечественных и зарубежных ученых.

## **Описание методологии исследования**

Конкурентное преимущество региона в ближайшее время будет основано на реагировании на потребности конечного потребителя, а не на соперничестве. Логистика играет важнейшую роль в этом реагировании.

В исследованиях по инновационной системе важное место занимают измерение и оценка потоков знаний и информации, так как технологическое развитие во многом является результатом сложного комплекса взаимосвязей между участниками системы. Для абсолютно всех стран, вне зависимости от выбранной стратегии и уровня

технологического развития важны следующие направления – создание цепочек взаимодействия между бизнесом и создателями знаний и технологий; постоянное совершенствование инфраструктуры информационно - коммуникационных технологий; развитие системы образования, включая высшие учебные заведения. Для регионов, в этой связи, необходимо создать цепочку взаимодействия между вузами и всеми образовательными учреждениями.

Интегративность логистики позволяет рассматривать вуз как центр коммуникации бизнеса, общества, властных структур по вопросам обмена передовыми знаниями, решения региональных проблем. Формирование консорциума образовательных учреждений позволит вузам стать, на наш взгляд, системообразующим компонентом региональной инновационной системы.

Курс на кардинальную технологическую модернизацию российской экономики требует, в том числе, подготовки кадров с новыми компетенциями. ВУЗам региона необходимо обеспечить формирование компетенций и трансфер знаний между организациями дорожно-транспортного комплекса региона, научно-исследовательскими разработками вуза и образовательным процессом, стать центром коммуникации бизнеса, общества, государства по вопросам обмена передовыми знаниями, решения региональных проблем становления цивилизованного этапа развития транспорта, в рамках формирования макрологистических платформ транспортных коридоров России. Необходимо выстроить систему непрерывного образования как участие в межведомственных, межрегиональных и региональных образовательных программах, являясь полноправным членом сети образовательных учреждений и органов управления.

Достижение стратегических целей повышения качества высшего профессионального образования может быть возможным при интеграции вузов на основе сети и логистических систем. Работа вузов в рамках логистических сетей предоставляет ряд преимуществ, которые, в свою очередь, приводят к существенному снижению общих затрат с одновременным повышением качества функционирования всей системы. В современных условиях успех компании зависит не только от наличия собственных ресурсов, но и умения привлекать ресурсы и рыночные возможности других участников цепочки поставок на основе партнерского сотрудничества. Таким образом, новой институциональной моделью вузовского образования в этой связи является консорциум вузов.

Признаки гибкой цепочки поставок как нельзя лучше подходят для описания деятельности образовательного консорциума вузов региона, а именно:

1. Чуткость к потребителю.

2. Цепочку поставок следует рассматривать как сеть партнеров, у которых есть общая цель работать вместе, чтобы удовлетворить нужды конечного потребителя образовательных услуг.

3. Сеть рассматривается как система бизнес-процессов, так как соединение возможностей этих процессов создает мощность и синергию для данной сети.

4. Использование информационных технологий между потребителями образовательных услуг и вузами для обмена данными создает виртуальную цепочку поставок (например, в виде образовательного портала) консорциума.

Таким образом, гибкая цепочка поставок является хорошим практическим подходом к организации логистических возможностей вокруг индивидуального спроса конечного потребителя образовательных услуг – выпускника вуза.

Можно сказать, что консорциум вузов осуществляет брокерскую связь между студентами и традиционными вузами и дает возможность получить степени и сертификаты тех вузов, которые входят в консорциум. Следовательно, обучаясь в вузе, студент сможет выбрать более качественную образовательную услугу в рамках консорциума.

Цепь поставок представляет собой интегрированную структуру, в рамках которой организация объединяет усилия со своими поставщиками, чтобы эффективно довести продукцию до своих потребителей. Таким образом, деятельность консорциумов вузов можно рассматривать как ту или иную цепь поставок.

Образовательный консорциум региона позволит получить новую систему, способную повысить эффективность функционирования вузов, благодаря концентрации ресурсов знаний в области образования в одном элементе системы, что достигается снижением совокупных издержек и повысит эффективность системы.

Региональные органы власти, на наш взгляд, должны стать координаторами в выполнении региональных программ, направленных на совершенствование региональной инновационной политики, осуществляя посредничество во взаимодействии академической, вузовской и прикладной науки, сочетая финансовую поддержку базисных инноваций для региона, отстаивая интересы регионального инновационного предпринимательства с целью получения и выполнения государственных заказов на НИОКР.

Структурные сдвиги в национальной экономике, обусловленные ее переходом на рыночную основу, пробудили интерес экономистов к рынку услуг, самому феномену услуг. Такие профессиональные компетенции как способность к диверсификации сервисной деятельности; готовность к проведению экспертизы и диагностики объектов сервиса; готовность к разработке и реализации технологии процесса сервиса; формированию

клиентурных отношений; обоснование и разработка технологии процесса сервиса, выбор ресурсов и технических средств для его реализации и ряд других особенно необходимы работникам транспортных организаций. На наш взгляд, это возможно при осуществлении интеграции образовательных программ внутри самого вуза.

Вузы должны разрабатывать образовательные программы в соответствии со спецификой региона. Выпускники вуза должны приобрести новые компетенции, так как необходимы работники для внедрения новых технологий в производство и коммерческую деятельность, следовательно, необходимо развитие новых профессий. Наряду с подготовкой по направлениям экономика и менеджмент (профиль логистика) в ряде регионов отсутствует подготовка по сервисным направлениям.

Транспортным вузам необходимо интегрировать свой потенциал для подготовки выпускников, готовых решать задачи инновационного развития региона – встраивание в макрологистические платформы через региональные транспортно-логистические системы.

В случае высокой дифференциации социально-экономического развития регионов к каждому из них потребуется индивидуальный подход, который должен быть сформирован на уровне государства с участием администраций заинтересованных регионов. В решении социально-экономических задач каждого региона одна из главных ролей принадлежит транспортному комплексу. Очевидно, что для создания транспортно-логистического кластера в регионе наряду с созданием мультимодального транспортного узла и его инфраструктуры еще более необходимы руководители с современным инжиниринговым мышлением, умением организовать оптимальные потоки, в том числе логистический сервис: страхование грузов, ремонт подвижного состава, таможенные услуги. Участие региона в освоении и развитии международных транспортных коридоров рассматривается не только с точки зрения реализации транзитного потенциала, но и создания дополнительных рабочих мест, строительства объектов логистической инфраструктуры. Политика транспортных предприятий в области коммуникаций имеет своей целью информировать клиентов о предлагаемых пакетах услуг, а также постоянно оказывать необходимое влияние на клиентуру, чтобы она могла использовать услуги в возможно большем объеме. Другая цель этой политики - способствовать расширению и совершенствованию взаимодействия транспортных фирм и грузоотправителей на основе использования вычислительной техники и главным образом с помощью электронного обмена данными.

Неподготовленность действующих систем управления России к непосредственному использованию логистики требует более широкой и содержательной трактовки логистизации рыночных структур. Основным ядром и целью логистизации остается обеспечение необходимой

рациональности (оптимальности) управления потоковыми процессами и реализация тем самым дополнительных резервов за счет осуществления более успешных вариантов взаимодействия производительных сил. Величина этих резервов зависит от выполнения системами управления требования объективного закона экономической кибернетики – закона необходимого разнообразия, согласно которому управляющие и управляемые системы должны быть адекватны по своей сложности и структурному многообразию объекту управления. В итоге сетевая организация включает в себя элементы разных организационных структур управления: элементы специализации функциональной формы, автономность дивизиональной структуры и возможность переброски ресурсов матричной организации, что позволит предприятиям дорожно-транспортного комплекса быть наиболее гибкими и адаптивными в меняющейся «внешней» и «внутренней» среде. При этом существенно меняется роль менеджеров, которые оказываются в равных условиях, иерархия исчезает, а появляется естественное желание принимать решения на основе взаимодействия, пользуясь инновационными инструментами знаний, к которым можно отнести логистические и маркетинговые подходы. Таким образом, создание цивилизованной логистической системы на предприятиях дорожно-транспортного комплекса невозможно на платформе традиционных систем управления, в связи с чем назрела необходимость включения региональной системы образования в перечень направлений по которым должна проводиться активная кластерная политика региона.

Для эффективной деятельности транспортно-экспедиционных компаний, совершенно очевидно, необходимо знание технологии процесса оказания услуг. Это возможно при осуществлении интеграции образовательных программ внутри самого вуза. Данное направление позволит расширить знания не только специфики транспорта или экономики, но и очень важные в сервисной экономике компетенции сервисной деятельности организаций. В рамках данного направления в интеграции с другими образовательными программами возможно создания постоянно действующих курсов повышения квалификации и дополнительного образования для практиков: руководителей среднего звена транспортных организаций, маркетологов, логистов и других специальностей. Решение задач планирования и управления, возникающих при организации логистического сервиса обеспечения функционирования транспортно-логистической инфраструктуры региона с учетом новых знаний, методов и навыков, в том числе на базе инновационной логистики невозможно без соответствующего кадрового потенциала, способного мыслить креативно. Именно, выпускники, получившие навыки и компетенции в сфере организации сервиса могли бы на высоком уровне организовать становление логистического подхода в управлении транспортно

экспедиторскими компаниями региона. Особое внимание при этом должно быть уделено вопросам формулирования принципов принятия оптимальных решений в сфере логистического обслуживания потребителей и формированию эффективных экономических стратегий при анализе и оптимальной организации любых потоковых процессов при оказании услуг базовой и инновационной логистики.

## **Заключение**

Появление в современной «новой экономике» сложных логистических систем требует обязательного применения системных подходов исследования и разработки. Неподготовленность действующих систем управления России к непосредственному использованию логистики требует более широкой и содержательной трактовки логистизации рыночных структур. Основным ядром и целью логистизации остается обеспечение необходимой рациональности (оптимальности) управления потоковыми процессами и реализация тем самым дополнительных резервов за счет осуществления более успешных вариантов взаимодействия.

Чтобы выдержать напор конкурентной борьбы нужно переосмыслить и реорганизовать существующее разделение труда между поставщиком и клиентом, направленное на сотрудничество и взаимную выгоду.

Назрела необходимость включения региональной системы образования в перечень направлений, по которым должна проводиться активная кластерная политика региона.

Главной целью кластерных инициатив является создание сети между учеными, студентами, предпринимателями и государственными служащими для того, чтобы как можно быстрее в практику внедрялись инновации – как управленческие, так и научные. При принятии решений органами государственной власти в максимальной степени должны учитываться мнения представителей всех участников кластерной инициативы.

Объективная необходимость модернизации системы образования возникла как реакция на требования рыночной экономики. Новые методы хозяйствования обязывают к экономному расходованию средств (снижению затрат) и повышению качества образовательного процесса, а также поиску путей предоставления образовательных услуг для подготовки и переподготовки высококвалифицированных конкурентоспособных специалистов, готовых решать сложные производственные задачи, в кратчайший срок адаптироваться к изменяющимся условиям производства.

Требуется разработать модель инновационной рыночно-ориентированной стратегии развития сферы услуг региона, обеспечивающей создание программ функционирования региональной сферы услуг на основе

подготовки и непрерывного повышения квалификации специалистов сервиса.

### **Результаты**

Определены условия формирования и развития логистического обеспечения образовательных услуг, которые позволят создать применимую систему создания и управления инновациями в регионе.

Выявлены и обоснованы существенные признаки логистизации образовательных услуг – создания образовательного консорциума региона, способного решить поставленную перед ВУЗами задачу – подготовки выпускников, соответствующих инновационному этапу развития экономики.

Логистическое обеспечение образовательных услуг должно быть сориентировано на максимальное удовлетворение системы потребительских предпочтений региона при одновременном создании предпосылок для развития инновационной экономики региона.

### **Литература**

1.Хаирова, С.М. Концепция логистики в глобальной экономике // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. Президиум СНЦ РАН. Спец. вып. "Актуальные проблемы экономики и права". - Самара: Изд-во Самар. науч. центра РАН. 2005. - Май. - С. 15-20. - 0,75 печ. л.

2.Хаирова, С.М. Логистический сервис в глобальной экономике. - М.: МЕЛАП, 2004: ил. - Библиогр. 81 назв. - 12,5 печ. л.

3.Хаирова, С.М., Формирование логистической сети образовательных учреждений для инновационной экономики региона. - Официальная ежегодная конференция Российско-Германского Научного Логистического сообщества. 11-14 мая 2011 г. – г. Бремен, С.461-471

# **ФОРМИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ НА ОСНОВЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

O.M. Kachan, T.N. Odintsova

*Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin  
Odintsova.tn@mail.ru*

## **THE LOGISTICS CENTERS FORMATION ON THE BASIC OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS IN BELARUS REPUBLIC**

**Olga Kachan, Tatyana Odintsova**

*Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin  
E-Mail: olga.kachan85 @ mail.ru*

State Partnership with the private sector is a key component of the logistics activities, because, if done right, it provides wider benefits of investment in public research, creating favorable conditions for sustainable innovation and development of logistics, which are strategic factors of economic growth.

At present, the growing trend of economic globalization to strengthen relations between the state and private business in the direction of the penetration of capital into the sphere of public property. In this regard, an essential condition for the effective functioning of a market economy in general and logistics activities (for example, when creating logistics centers) in particular is a constructive interaction between business and government institutions.

Rational use of public capital is a prerequisite for developing a market economy. It is private enterprise mobility features, high efficiency of resource use, the propensity to innovate. Take advantage of the two forms of property is possible in a variety of forms and methods of public-private partnership.

The partnership of government and business can attract the public sector is more capital, including foreign, to shift the bulk of the business sector risks [3].

All the above shows the relevance and significance of the research on and development of public-private partnerships in a market economy, as well as in logistics activities.

The most pressing public-private partnership has become in recent decades. Belarus has developed a draft law "On public-private partnership."

The objectives of this bill are:

- Creation of conditions for the development of public-private partnership in the Republic of Belarus;
- To attract private investment into the country;
- Ensuring efficient use of property owned by the state;
- Promote the efficient use of resources of public and private partners to meet the needs of society;
- Improving the quality of products and services offered to the public;
- Realization of socially significant projects in the interest of the citizens of the Republic of Belarus [5].

Thus, according to the bill, public-private partnership is a collaboration of public and private partners in the implementation of social projects in the infrastructural facilities and social facilities, which aims at achieving results that are directly associated with the creation (construction, reconstruction, maintenance) of assets, execution of works and provision of services under the risk-sharing, competence and responsibility, carried out by agreement or contract and meets certain criteria [5].

Among the basic features of public-private partnerships in the economic interpretation include the following:

- Parties to a public-private partnerships are the state and private business;
- Interaction of the parties attached to the formal, legal basis;
- Interaction of the parties has an equal character;
- Public-private partnership has a clearly defined public, social orientation;
- In the process of implementation of projects through public-private partnerships are consolidated, combined resources and contributions of the parties;
- Financial risks and costs, as well as the results achieved by the parties at predetermined proportions.

Among experts there is no consensus on what forms of interaction between government and business can be attributed to a public-private partnership. A broad interpretation implies a public-private partnership of constructive engagement between business and government, not only in economics but also in politics, culture, science, etc.

The main forms of public-private partnership in the sphere of economics and public administration specialists include government contracts, leases, public-private enterprises, production sharing agreements, concession agreements. The specialists believe that the two-way process, providing, on the one hand, the creation of conditions for realization of state economic activity, on the other - Enhancing the transparency of the business and its self-organization.

Development of public-private partnership in the Republic of Belarus is carried out in accordance with the following principles:

- The rule of law, that is creating the necessary legal framework, compliance by public-private partnership of existing national and international legislation, the rights and lawful interests of all participants in partnerships;

- Stimulation, that is support and encourage the development of public-private partnership with government and other government agencies at all levels of management, program development public-private partnership;
- Equality, that is to ensure equal access to participation in public-private partnership for the private partners, including foreign ones;
- The efficiency, that is efficient use and consolidation of financial, material and organizational resources, partners, budget funds and state property in the implementation of public-private partnership;
- Equity, that is fair and mutually beneficial cooperation partners on the basis of contractual forms;
- Transparency, that is, implementation of a maximum of informing the public and private partners at all stages of the project of public-private partnership based on its purpose, nature and importance, the publication of information in the media;
- Environmental, that is projects to meet the requirements of sustainable development, environmental protection through their inclusion in the technical standards for the evaluation of proposals and implementation of public-private partnerships [5].

An important step in the institute of public-private partnerships in Belarus, was the need to develop new forms of interaction between business and government. Despite the fact that the debate about public-private partnerships are maintained for a long time, a clear and uniform definition of this concept in the world does not. Most of these projects are in the field of infrastructure, and because of the long time effect of the implementation of projects to assess their implementation so far, in many cases difficult.

The practice of regulating public-private partnership in many countries is also different. In Belarus, in all probability, will use Russia's experience in the development of the institute of public-private partnership. Thus, consider the shortcomings identified during the formation of public-private partnership in Russia and try to avoid them in the Belarusian regulation.

For the Republic of Belarus, as appropriate:

- Focus on more narrow economic understanding of public-private partnership, its specific terms;
- Well-settled authority, the shape of the relationship of private and public sectors in the implementation of public-private partnership, a clear division of risks between the parties, providing legal guarantees for the return on investment;
- To determine the coordinating body, the organization that will inform potential participants about the features of the project implementation, the international experience of the public-private partnership to provide information about potential projects, to provide educational services to a wide range of stakeholders on issues of public-private partnership, to participate in competitions selection of participants;

- The State be willing to financially participate in projects of public-private partnerships because the private sector does not have sufficient capital for major infrastructure projects;

- Make arrangements for the provision of government guarantees to attract financing for, the possibility of providing incentives to private investors, such as interest rate subsidies on loans, etc. [1, 2].

The major logistics facilities of Belarus will be a variety of logistics centers. In areas of maximum cargo import and export of goods to create territorial logistics centers for general use. It is advisable to place the regional logistic centers in the provincial cities of the country. It is based on the most advanced transport hubs, industrial and commercial facilities.

In Belarus, envisages construction of 50 logistic centers in accordance with the program they were created before 2015. Create a public logistics centers in the country will ensure the effective use of economic potential and its integration into the global economy, taking into account the benefits of geographic location and on this basis to achieve:

- Additional investments;

- Growth in transit traffic;

- Receipt of annual income from the transport and logistics and related services;

- Realization of transit potential of the country with the international transport corridors [4].

Belarus has developed annually measures to attract transit traffic to the processing of logistics centers, allocated land for the creation, activities are planned to attract domestic and foreign investors to set up a transport and logistics infrastructure. To date, hosts international trade fairs, training seminars on logistics, organized an advertising campaign to attract consumers of logistics centers, etc.

Based on the foregoing, it can be concluded that the formation of a regional logistics infrastructure of the Republic of Belarus is a complex multifaceted problem.

It should create a logistics system that would provide:

- The effective functioning of the transport system through a network of regional logistics centers;

- The organization of delivery of goods and attracting foreign transit through its territory with a developed network of partners and offices in other states;

- Information support throughout the route;

- Coordination of training logistics;

- Improving the legal framework, etc.

However, there are a number of problems, chief among which are:

- The unstable economic situation in the republic;

- Difficulty attracting domestic and foreign investment;

- A significant investment in creating transport - logistical infrastructure;

- Lack of organization in the movement of vehicles of uniform information space, which increases the duration of the paperwork and required to re-enter information;
- Improving the legal framework to enhance the competitiveness of the logistics business.

Thus, the above problems can be solved with the help of public-private partnership, which has particular relevance for today.

Belarus is at the very beginning of formation of an effective system of public-private partnership. Government structures are taking measures to improve and overcome the shortcomings of the current economic system based on international experience. In this case, the important role played by incentives for active participation of all stakeholders in this process to implement mechanisms of public-private partnership serving the good of the state, business and the public.

For the most effective development of public-private partnerships in the field of logistics activities necessary to solve such problems as:

- Establishment of an effective interaction between government agencies and private partners;
- More efficient use of budget funds and state property;
- The formation of an effective model of asset creation and supply of quality public services;
- Improving the economic potential of Belarus and the implementation of its territorial advantage as a transit country;
- To attract private capital and private initiative in the economy;
- Increased business activity of business entities and the creation of new jobs;
- Additional attraction of investment in facilities and heat supply, transport infrastructure, housing and communal services;
- Reduction of public expenditure for the maintenance of housing and communal services;
- The release of public resources by attracting private investment to focus them on social issues;
- Development of investment and innovation capacity of the national economy, knowledge-intensive industries;
- Technical and technological improvement of production and infrastructure facilities;
- The accelerated modernization of individual industries and the economy as a whole;
- Improving the competitiveness of domestic producers and products while providing high quality products.

Summarizing, we can say about the significant influence of public-private partnership in logistics outcomes: the development of new industries and infrastructure of society, this investment and the movement of capital in those

industries where there is a kind of "stagnation" is the development and implementation of technologies, new management methods and organization.

**References:**

1. Gerasimenko, A. PPP political will / / NEG, № 35 (1352) on 11.05.2010, [http://www.neg.by/publication/2010\\_05\\_11\\_13091.html](http://www.neg.by/publication/2010_05_11_13091.html).
2. Derabina, M. Public-Private Partnerships: Theory and Practice / / Problems of Economics, № 8, 2008
3. Matyavina, M. Abstract on the theme "Public-private partnerships: international experience and its use in Russia", 2008
4. The program to develop the logistics system of the Republic of Belarus for 2015 - [electronic resource] - Mode of access: [http://www.mintrans.by/rus/translogistic\\_3062](http://www.mintrans.by/rus/translogistic_3062).
5. Draft Law of the Republic of Belarus "On public - private partnership", as amended on 07.07.2011.

# INNOVATIVE LOGISTIC ENGINEERING FOR HIGH-TECH ENTERPRISE TRANSFORMATION

D.S. Shcherbakov

*Rostov State University of Economics  
rarera@rambler.ru*

This paper will help advances understanding how to capture the voice of transformation through a new method of logistic engineering and dramatically accelerated high-tech enterprise transformation. It has been discussed a new index of sustainable development using as a calculation base rates of systems engineering and statistical model of enterprise transformation. For regression model were significant three factors of accelerating efforts identified. The hypothesis was tested using the software package Statistika. Introducing a statistical model without the white noise reflects the dynamics of high-tech enterprise transformation.

## INTRODUCTION

In an era of changing technological way to successful compete in the global markets large enterprises doing a special emphasis on the implementation of the strategy to reduce the time-scale business processes. Nevertheless, even a system of real-time control does not guarantee today a sustainable competitive advantage in an aggressive high-tech environment. In such circumstances, is necessary to seek logistic engineering innovations to improve performance real-time systems.

Meeting the challenges of logistic engineering requires the use of proactive management indicators. Such indicators provide ultra-high-speed feedback on the two contours of management high-tech enterprise: Project Management Center -> Logistics Center -> Production system -> Management Information System (closed loop) and the Center of Project Management -> Logistics Center -> Marketing Center -> Management Information System (open loop). This allows operators of the production system to implement preventive quality control, flow, time, etc. Fundamentals of proactive management laid down in Lorne Plunkett and Guy Hale [4]. The authors introduced the concept of “proactive” management or control, based on the prediction of potential problems and proactively developing ways to address them. Today, this area of management has become widespread and has even become a separate sphere of scientific knowledge in the form of engineering, proactive support systems of varying difficulty with appropriate methods, models and tools [3].

The results of the research team of scientists at the Massachusetts Institute of Technology in the supply chain have shown the vulnerability of the business processes of leading global corporations, to various kinds of failures: budget overruns, variations in consumer demand, a break in the performance of

suppliers, failure of management information systems (hardware, software, networks), hardware failures (explosions of boilers, demolition industrial sites, fire), economic downturn, uncompetitive cost structure, fluctuations in interest rates and exchange rates, adverse changes in the rules of corporate law, etc. [5]. The same study shows an interesting example from Toyota. The earthquake in Kobe on Jan. 17, 1995 at the plant Sumitomo Metal Industries stopped supply of water and gas. This plant was the sole supplier of brake pads for all domestic cars Toyota. Because Toyota was guided by the principles of lean manufacturing, it had no stockpile of parts. Due to lack of brake pads on most automotive manufacturing plants throughout Japan Toyota has stopped because stocks of components to quickly dried up. Toyota lost production due to lack of parts and components according to rough estimates amounted to about 20 000 vehicles (which meant a revenue loss of approximately \$ 200 million). This example proves once again the hypothesis that the “lean processes” without fine-tuning is no longer the subject of an absolute competitive advantage for their implementation. Need a comprehensive indicator of the production system engineering, which integrates the key factors affecting the cost of new product development.

## INDICATORS OF INNOVATIVE LOGISTIC ENGINEERING

Such an index could be built in the shape of the resiliency index of production (manufacturing resilience index, MRI):

$$MRI = T_p \times (T_c - L_t)$$

Where

$T_p$  – process takt time;

$T_c$  – time cycle process;

$L_t$  – lead time;

$n$  – number of periods in which the cycle time of the process (without delay) is the tact of the process.

MRI index includes new indicators derived from the principles of systems engineering and time-based value added new product. In addition, this index provides an opportunity to link the rate of operative ( $T_p$ ) and supply chain management ( $L_t$ ) within logistic controlling. The combination of the two indicators is the flexibility of the enterprise system and its ability to automatically recover in case of trouble with the maximum economic effect. To measure the delay in the supply chain management can use the index of the target run-time processes [1].

$$L_t = \frac{Q_t}{C_p}$$

Where

$L_t$  – lead time;

$Q_t$  – number of transactions in a process;

$C_p$  – throughput process.

This indicator measures the time required to perform all of the new product development. As a general rule, reducing the lead time increases the speed of system response to changes in customer requirements, requires less working capital, helps to reduce overheads and the number of failures/disaster. For example, to shop floor for computer assembly, at the required load of 3 units, with a “bottleneck” 20 seconds to assemble a computer and installed capacity of 6 computers per minute, lead time of 30 seconds. At each stage of new product development is measured by relevant cluster metrics:

$$T_s = \frac{T_{rt}}{S_c}$$

Where

$T_s$  – system planning takt;

$T_{rt}$  – response time;

$S_c$  – system capability.

$$T_r = \frac{ERI}{R_c}$$

Where

$T_r$  – research takt;

ERI – early research involvement

$R_c$  – research capability.

$$T_d = \frac{EDI}{D_c}$$

Where

$T_d$  – design takt;

EDI – early design involvement;

$D_c$  – design capability.

$$T_f = \frac{E_t}{D_p}$$

Where

$T_f$  – technological takt;

$E_t$  – available machine time;

$D_p$  – instruments demand.

$$T_t = \frac{T_w}{D_w}$$

Where

$T_t$  – closed-loop production takt time;

$T_w$  – working hours;

$D_w$  – consumer demand.

$$V_p = \frac{TTT}{VAT}$$

Where

$V_p$  – open-loop production takt time;  
 TTT – available working time;  
 VAT – value added time.

Indicators of innovative logistic engineering correspond to the seven basic requirements by Michael Hammer on developing relevant metrics [2]: the unique identity of the object of measurement; high accuracy; focus on timely response to customer needs; low cost measurement process; robustness; system integration into an organization of business processes; promotion of corporate culture dimensions.

The new index of sustainable development, reflecting the proactive criteria for resilience of the production system, can be used as a tool for strategic analysis. Given its multi-dimensionality, we can build profiles of enterprise transformation.

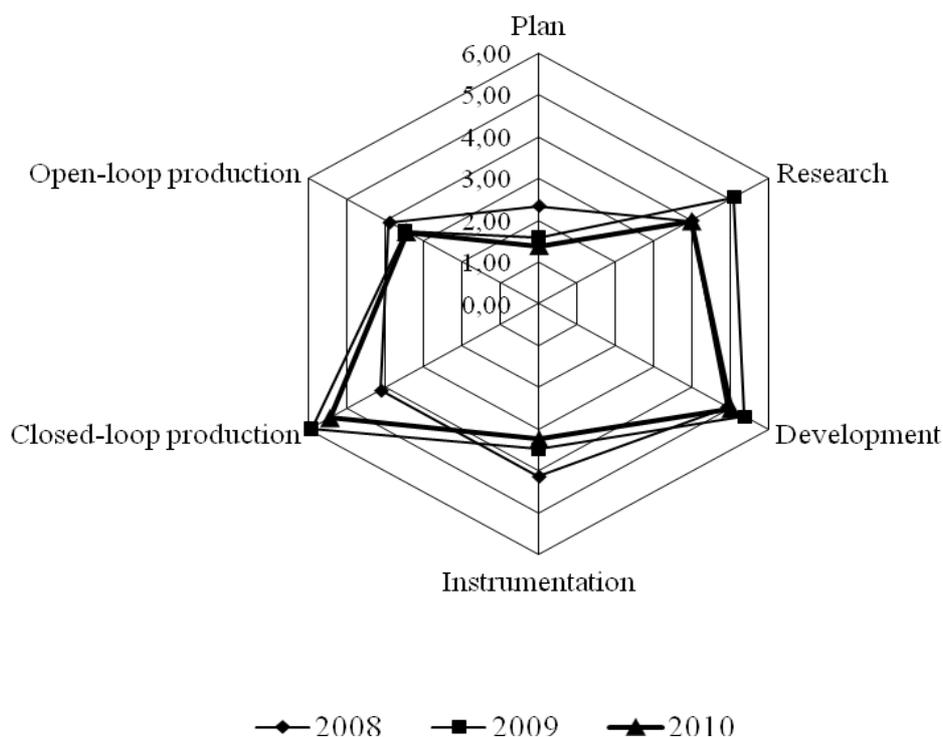


Fig. 1. Enterprise transformation profile based on index of resiliency

Figure 1 shows the dynamics of the index MRI in stages of new product development in a large high-tech enterprise for the period 2008-2010 years.

Initial data for calculating the index of resilience was:

- manufacturing indicators: output, sales volume, work time losses, production capacity;
- voice of the customer metric: time of first contact with the customer, requirements engineering time, early research / design involvement;
- information technology infrastructure metric: CPU utilization, queue time, downtime time, time of process delivery;

- lean production metric: loading equipment, planned downtime, the specification of parts and assemblies, parameters of the production operating model;
- r&d performance metric: design-time prototypes, the number of product models, research design time, the rate of innovation.

Obviously, the strategy of the competitive enterprise should focus on reducing the time delay at each stage of new product development. Based on the analysis of the relationships of indicators included in the MRI, a number of conclusions (Table 1).

During the period from 01.01.2008 to 31.12.2010 the minimum cycle time of process delivery observed at the stage of the “Plan”. The share of delays in the planning cycle for the period under review amounted to only 4.83 %. In addition, continuous improvement of IT-governance procedures by introducing elements of time management for end-users allowed to dramatically reducing planning takt and organizing documentation in a management information system «just in time».

<b>Indicators</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Processing time ( $T_{\pi}$ ), min.	10.00	9.00	8.00
System capability ( $S_c$ )	29	40	41
System planning takt ( $T_s$ ), min.	0.34	0.23	0.20
Time cycle of “Plan” ( $T_c$ ), min.	1.80	1.70	1.62
Lead time of “Plan” ( $L_t$ ), min	0.06	0.06	0.04
Number of periods in which $T_s = T_c - L_t$	390	428	450
MRI of “Plan”	234.00	157.93	138.73
Early research involvement (ERI), min.	26.00	33.00	19.00
Research capability ( $R_c$ )	5	5	4
Research takt ( $T_r$ ), min.	5.20	6.60	4.75
Time cycle of “Research” ( $T_c$ ), min.	16.02	16.00	9.00
Lead time of “Research” ( $L_t$ ), min	3.19	5.00	3.00
Number of periods in which $T_r = T_c - L_t$	6	7	14
MRI of “Research”	399.98	508.20	399.00
Early design involvement (EDI), min.	30.00	29.00	20.00
Design capability ( $D_c$ )	10	9	10
Design takt ( $T_d$ ), min.	3.20	3.22	2.00
Time cycle of “Development” ( $T_c$ ), min.	15.00	13.09	13.00
Lead time of “Development” ( $L_t$ ), min	4.05	3.85	2.10
Number of periods in which $T_d = T_c - L_t$	15	18	23
MRI of “Development”	492.75	535.92	501.40
Available machine time ( $E_t$ ), min.	60.00	60.00	60.00
Instruments demand ( $D_p$ )	25	28	30
Technological takt ( $T_f$ ), min.	2.40	2.14	2.00
Time cycle of “Instrumentation” ( $T_c$ ), min.	6.86	5.99	5.70
Lead time of “Instrumentation” ( $L_t$ ), min	3.05	3.00	3.00
Number of periods in which $T_f = T_c - L_t$	45	54	60
MRI of “Instrumentation”	411.48	345.99	324.00

Working hours ( $T_w$ ), min.	492.00	550.00	560.00
Consumer demand ( $D_w$ )	145	167	175
Closed-loop takt time ( $T_t$ ), min.	3.39	3.29	3.20
Time cycle of "Closed-loop production" ( $T_c$ ), min.	7.00	8.00	7.00
Lead time of "Closed-loop production" ( $L_t$ ), min	4.57	3.26	3.30
Number of periods in which $T_t = T_c - L_t$	50	38	46
MRI of "Closed-loop production"	412.26	593.21	544.64
Available working time (TTT), min.	492.00	492.00	492.00
Value added time (VAT), min.	167.00	155.00	221.00
Open-loop takt time ( $V_p$ ), min.	2.95	3.17	2.23
Time cycle of "Open-loop production" ( $T_c$ ), min.	11.00	9.00	7.00
Lead time of "Open-loop production" ( $L_t$ ), min	4.00	4.00	1.00
Number of periods in which $V_p = T_c - L_t$	19	22	26
MRI of "Open-loop production"	391.83	349.16	347.29

Table 1. Innovative logistic engineering indicators for high-tech enterprise transformation

On the other hand, for the same period, the delays in closed-loop and open-loop cycles amounted to more than 57%, and the time of the design cycle of almost 2 times higher than the production cycle. Thus, huge potential for improving process performance and reduce cycle time in the high-tech enterprise system exist, respectively, in the production and research. Strategic focus of the ideal profile converges to one point and corresponds to the operation without delay, the whole management system high-tech enterprise, organized in real time. Such a state can only be achieved through continuous improvement in the capacity of business processes and reduce the time of their delivery.

## CONCLUSION

In conclusion here statistical model of largest russian high-tech enterprise transformation. Using the package Statistika was calculated the correlation matrix of process takt time factors presented in Table 2. For the calculation formed an indicators, which contains the following numbers: start and end dates of a packet of works, the estimated number of working hours, consumption of materials, degree of project readiness at the time of measurement.

$$FPY = \frac{Q_{wp}}{Q_p}$$

Where

FPY – project yield;

$Q_{wp}$  – number of performed works without cost overrun;

$Q_p$  – total number of works in the packet.

$$TT = \frac{Q_{tt}}{Q_p}$$

Where

TT – just in time project;

$Q_{tt}$  – number of works without time overruns;  
 $Q_p$  – total number of works in the packet.

$$TPP = \frac{Sum_w}{T_0 - T_{-1}}$$

Where

TPP – total project productivity;  
 $Sum_w$  – the amount of work performed;  
 $T_0 - T_{-1}$  – measured period.

$$Vel = \frac{Q_{fw}}{SPD_p}$$

Where

Vel – project velocity;  
 $Q_{fw}$  – works to be performed;  
 $SPD_p$  – process speed.

$$FID = \frac{Q_{wc}}{Q_p}$$

Where

FID – project fidelity;  
 $Q_{wc}$  – number of works without cost overrun;  
 $Q_p$  – total number of works in the packet.

Factor	FPY	TPP	TT	FID	TIME-TAKT
FPY	1.00	0.61	0.59	0.38	0.60
TPP	0.61	1.00	0.64	0.58	0.86
TT	0.59	0.64	1.00	0.36	0.64
FID	0.38	0.59	0.36	1.00	0.68
TIME-TAKT	0.60	0.86	0.64	0.68	1.00

Table 2. Correlation matrix of process time takt factors

Analysis of the coefficient matrix of pair correlation, calculated for the factor indicators, pointed to the presence of collinear factors. Namely rate FPY has a strong functional relationship to the factor indicators TT and TPP. Close relationship between these two indicators logically be easily explained. Thus, in order to eliminate the multicollinearity in the regression model, we left TPP and TT, as these have a strong connection with integral indicator of transformation boosting.

Once on the stage of the analysis performed a priori selection of the factors influencing the speed of high-tech enterprise transformation and specify the form of communication, then collected and analyzed the initial statistics. The regression model was built by process takt time. To construct such model we used a multi-step regression analysis based on the drop-out non-essential factors for the t-Student's test. Substantially different from zero regression coefficient  $\alpha_j$

at some given level of significance  $\alpha$  indicates the probability of rejecting the correct hypothesis.

In our study  $\alpha = 0.05$ . As an integral indicator of high-tech enterprise transformation boosting was adopted process takt time ( $Y_{T_t}$ ). Quantitative relationships between parameters were determined based on data accumulated during the economic activities of the enterprise of statistical data using the software package Statistika. Calculations were performed for a homogeneous population, consisting of fifty innovation projects. After dropping statistically insignificant factors, the equation of multiple regression model of enterprise transformation has acquired the following form:

$$Y_{T_t} = 0.029482 + 0.561157 \times TPP + 0.244757 \times FID + 0.155775 \times TT$$

Statistical testing showed the adequacy of the model. The calculated value of Fisher criterion for the enterprise transformation model was 60.162, with the tabulated value for  $T_t F_{kr}: (0.05; 3.46) = 8.59$ . Multiple correlation coefficient equal to  $T_t$  0.8927, which confirms that these factors are parameters of relatively closely related to the lead indicator of enterprise transformation boosting. Coefficient of multiple determination –  $R^2$ , equal to 0.7969, indicates that the variation of effective index in the studied population of projects for 79.69% – the result of variability of all factors included in the model. Calculations based on the considered set of projects have shown that the impact of the boosting high-tech enterprise transformation the most significant factors were: TPP – total project productivity; TT – just in time project; FID – project fidelity. The results of the calculations in the form of graphs characterize the smoothed dynamics of the process time takt data on Figure 2.

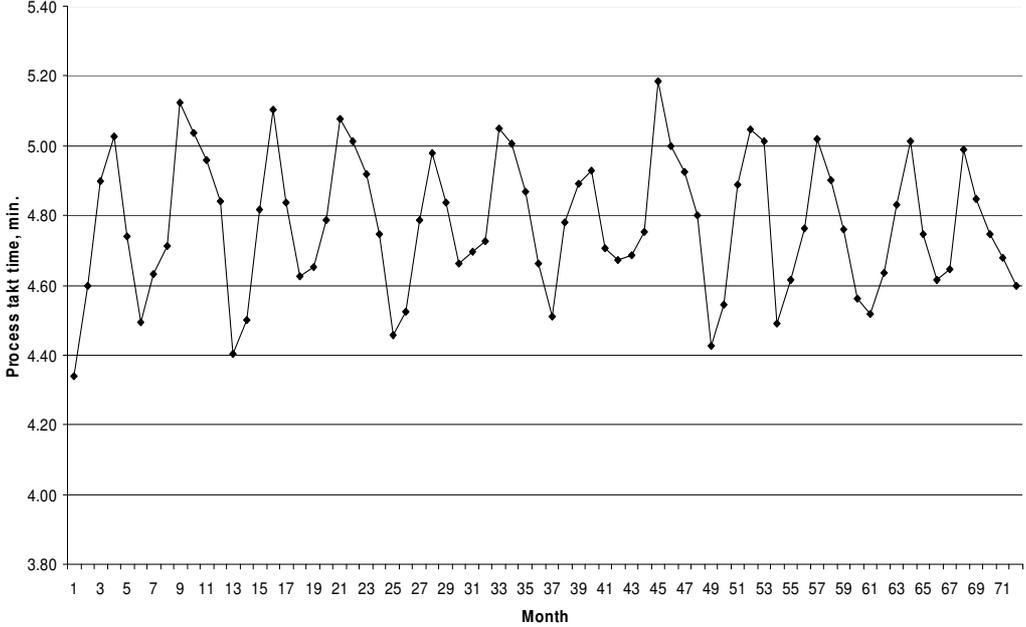


Fig. 2. Dynamics of high-tech enterprise transformation

Figure 2 suggest that in the long period enterprise transformation process has accelerated due to the fact that the magnitude of seasonal takt time decreased. Statistical model adequately reflects the dynamics of the process takt time, because the distribution of the residuals is well described by a normal distribution: the remains are white space. No effects of reparameterization.

#### REFERENCES

1. Gerst R. (2004) The little known law, in: ASQ Six Sigma Forum Magazine, Vol. 3, No. 2, pp. 18-23.
2. Hammer M., Haney C.J., Wester A., Ciccone R., Gaffney P. (2007) The 7 deadly sins of performance measurement and how to avoid them, in: MIT Sloan Management Review, Vol. 48, No. 3, pp. 19-28.
3. Marquez A.C. The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance. Massachusetts: Springer, 2007.
4. Plunkett L., Hale G.A. The proactive manager: the complete book of problem solving and decision making. New York: John Wiley & Sons, 1982.
5. Sheffi Y. The resilient enterprise: overcoming vulnerability for competitive advantage, Massachusetts: MIT Press, 2007.

# LOGISTICS ORIENTED LOT SIZING

B. Muenzberg, M. Schmidt, P. Nyhuis

*Institute of Production Systems and Logistics, Leibniz Universitaet Hannover,  
Germany*

*muenzberg@ifa.uni-hannover.de*

Die betriebliche Losgrößenplanung stellt eine der zentralen Aufgaben innerhalb der Produktionsplanung und -steuerung dar und ist damit ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Wirtschaftlichkeit von Fertigungs- und Montageprozessen. In der Vergangenheit entwickelte Verfahren folgen alle dem gleichen Grundansatz, was zu ähnlichen Ergebnissen führt. Eine gemeinsame Schwäche ist die begrenzte Betrachtung logistischer Zusammenhänge. Diese werden grundsätzlich mit zunehmenden Losgrößen negativ beeinflusst, was generell zu zu groß gewählten Losgrößen und versteckt überhöhten Stückkosten führt. Dieser Beitrag vergleicht Funktionen und Ergebnisse unterschiedlicher Ansätze zur Bestimmung von Produktionslosgrößen und diskutiert die klassisch vernachlässigten Kostenfaktoren.

As one of the key tasks within production planning and control, lot size planning fundamentally impacts the efficiency of manufacturing and assembly processes. Up until now, the methods developed all followed the same basic approach that led to similar results. Moreover, they have a common weakness in that they are all limited in their ability to consider the logistical correlations, which are generally negatively influenced with increasing lot sizes. This in turn commonly leads to dimensioning lots too largely and hides excessive piece-costs. This paper compares the functions and results of different approaches for determining production lot sizes and discusses the traditionally ignored cost factors.

## EINFÜHRUNG

Die Ermittlung wirtschaftlicher Losgrößen ist für die industrielle Praxis eine wichtige betriebswirtschaftliche Aufgabe. Es existiert eine große Anzahl wissenschaftlicher Untersuchungen und entwickelter Verfahren, welche sich diesem Thema annehmen. Über die betriebswirtschaftliche Eignung der bekannten Verfahren wird jedoch – wie bereits vor einigen Jahrzehnten [1] – konträr diskutiert. Zudem wird verstärkt die Forderung nach einem One-Piece-Flow und einer Abkehr von wirtschaftlich orientierten Berechnungsverfahren erhoben, um damit den Anforderungen an die logistische Leistungsfähigkeit gerecht werden zu können.

In diesem Spannungsfeld wird dargestellt, welche betriebswirtschaftliche und logistische Relevanz der Ermittlung von Produktionslosgrößen zukommt, welche Aspekte dabei unbedingt berücksichtigt werden sollten und welche Schlussfolgerungen sich daraus ableiten lassen.

Das Durchführen einer Losgrößenplanung in der Produktion ist immer dann notwendig, wenn an einer Ressource mehr als ein Erzeugnis zu fertigen ist. In diesem Fall sind meist Umrüstvorgänge der Maschine notwendig, wodurch sich

Rüstzeiten und -kosten ergeben. Um ein ständiges Umrüsten zu vermeiden, wird eine gewisse Anzahl gleicher Produkte zu einem sogenannten Los zusammengefasst. Zur Dimensionierung von Produktionslosen werden unterschiedliche Methoden eingesetzt, die größtenteils kostenorientiert sind und traditionell auf die durch die Losgröße beeinflussten gegenläufigen Rüst- sowie Lagerkosten zurückgreifen [2].

## **GÄNGIGE VERFAHREN ZUR LOSGRÖSSENBESTIMMUNG**

In produzierenden Unternehmen erfolgt die Losgrößenbestimmung im Rahmen der Eigenfertigungsplanung und -steuerung [3]. Hierbei werden im Allgemeinen Bedarfsmengen (Kundenaufträge oder Periodenbedarfe) zu Fertigungslosen zusammengefasst.

Die dazu zahlreich existierenden Verfahren zur Ermittlung einer wirtschaftlich orientierten Losgröße lassen sich in statische und dynamische Verfahren untergliedern. Statische Verfahren setzen neben zahlreichen anderen Modellannahmen einen konstanten Bedarfsverlauf voraus. Unter anderem sind der von Harris [4] entwickelte Ansatz der „economic order quantity“ (EOQ), welcher als Grundmodell bezeichnet wird, und der diesem ähnliche Ansatz von Andler [5] dieser Klasse zuzuordnen. Trotz zahlreicher realitätsfremder Modellannahmen [6] ist das Grundmodell aufgrund der einfachen Anwendung und großen Transparenz in der industriellen Produktion weit verbreitet. So gab in einer kürzlich durch das Institut für Fabrikanlagen und Logistik durchgeführten Umfrage fast jeder zweite Unternehmensvertreter an, dieses Grundmodell für die Produktionsplanung und -steuerung zu verwenden.

Bei einer bedarfsgesteuerten Disposition besteht die Möglichkeit, schwankende Bedarfsverläufe im Planungszeitraum in eine dynamische Losgröße zu überführen. Wagner und Within [7] entwickelten ein exaktes dynamisches Lösungsverfahren. Seine hohe Komplexität und zeitintensive Anwendung riefen seit seiner Entwicklung Näherungslösungen auf den Plan, die unter Verzicht auf ein optimales Ergebnis vereinfachte Berechnungsvorschriften beinhalten. Beispielfhaft seien an dieser Stelle die Arbeiten von Silver und Meal [8] sowie Groff [9], das Part Period Verfahren [10] und die dynamische bzw. gleitende wirtschaftliche Losgrößenbestimmung [11,12] genannt.

Eine weitere Methodik liegt im Lot-for-Lot-Ansatz, bei dem zu einem fest vorgegebenen Zeitpunkt der Bedarf für eine definierte Reichweite als Auftrag erteilt wird [13]. Da dieses aber keinem wirklichen Optimierungsziel folgt, ist es nicht als wirtschaftlich orientiert zu bezeichnen.

Die verschiedenen Ansätze zur wirtschaftlichen Losgrößendimensionierung weisen jeweils spezifische Vor- und Nachteile auf. Der expliziten Berücksichtigung der zukünftigen Bedarfssituation bei den dynamischen Verfahren stehen bspw. die Einfachheit und der geringe Datenbedarf der statischen Verfahren gegenüber.

Praxisuntersuchungen und Simulationsstudien zeigen allerdings, dass sich die Ergebnisse der wirtschaftlich orientierten Verfahren – trotz unterschiedlicher Kostenstrukturen – nur geringfügig unterscheiden. Ergebnisse einer umfangreichen Simulation einer Werkstattfertigung [14] zeigen, dass bspw. der Ansatz nach Wagner und Whitin hinsichtlich der losabhängigen Kosten 12 % unter dem Ergebnis des Grundmodells liegt. Bei den weiteren aufgeführten dynamischen Verfahren unterscheiden sich die losabhängigen Kosten um weniger als 10%. Ähnliche Ergebnisse liefern auch Untersuchungen [15].

Das Ergebnis überrascht wenig, da alle betriebswirtschaftlich orientierten Verfahren letztlich auf dem gleichen Grundansatz – der Bewertung von Lagerhaltungs- und Auftragswechsel- bzw. Rüstkosten – basieren. Sie unterscheiden sich lediglich im Rechengang und der Frage, ob und wie dynamische Bedarfsverläufe sowie zusätzliche Restriktionen berücksichtigt werden. Bei der Betrachtung des Grundmodells zeigt sich zudem, dass die Kostenfunktion im Bereich der wirtschaftlichen Losgröße recht flach verläuft. Das erklärt, warum die losabhängigen Kosten, trotz je Verfahren abweichend berechneter Lose, kaum Unterschiede aufweisen. Wird die Betrachtung auf die Stückkostenebene transformiert – also zusätzlich losgrößenunabhängige Kosten, wie bspw. die für das Material und den Herstellprozess berücksichtigt, werden die Unterschiede noch deutlich geringer [16]. Das ist darin zu begründen, dass die losabhängigen Kosten meist nur einen Bruchteil der gesamten Stückkosten ausmachen.

Es lässt sich an dieser Stelle ableiten, dass es für Unternehmen bei der Auswahl eines Losgrößenbestimmungsverfahrens demnach weniger entscheidend ist, welches Verfahren, sondern vielmehr dass eines dieser wirtschaftlich orientierten Verfahren eingesetzt wird.

## **EINFLUSS DER LOSGRÖSSE AUF LOGISTISCHE ZIELGRÖSSEN**

Die gängigen Verfahren zur Dimensionierung von Losgrößen basieren ausschließlich auf der Verrechnung ausgewählter losabhängiger Kosten und blenden den großen Einfluss auf verschiedene unternehmerische Zielgrößen aus. So wird durch die Dimensionierung von Losgrößen neben Kosten in der Produktion und in Lagerbereichen auch die entsprechende logistische Leistungsfähigkeit des Unternehmens direkt und indirekt beeinflusst. Dies verdeutlicht Abbildung 1.

Die grundsätzlichen Auswirkungen der Losgrößenwahl auf die üblicherweise ausschließlich betrachteten Lagerhaltungskosten auf der einen und die Auftragswechselkosten auf der anderen Seite können dem oberen Teil der Abbildung entnommen werden. Der obere rechte Teil von Abbildung 1 zeigt den produktunabhängigen Verlauf der gesamten losabhängigen Mehrkosten bei Abweichung von der optimalen Losgröße nach dem Grundmodell. Es ist zu erkennen, dass Abweichungen in beide Richtungen zusätzliche Kosten verursachen. Bis zu einem bestimmten Abweichungsniveau sind die zusätzlich

entstehenden Kosten noch gering, während bei starken Abweichungen ein signifikanter Kostenanstieg zu verzeichnen ist, auch wenn diese bei Betrachtung der Stückkosten schon groß sein müssen.

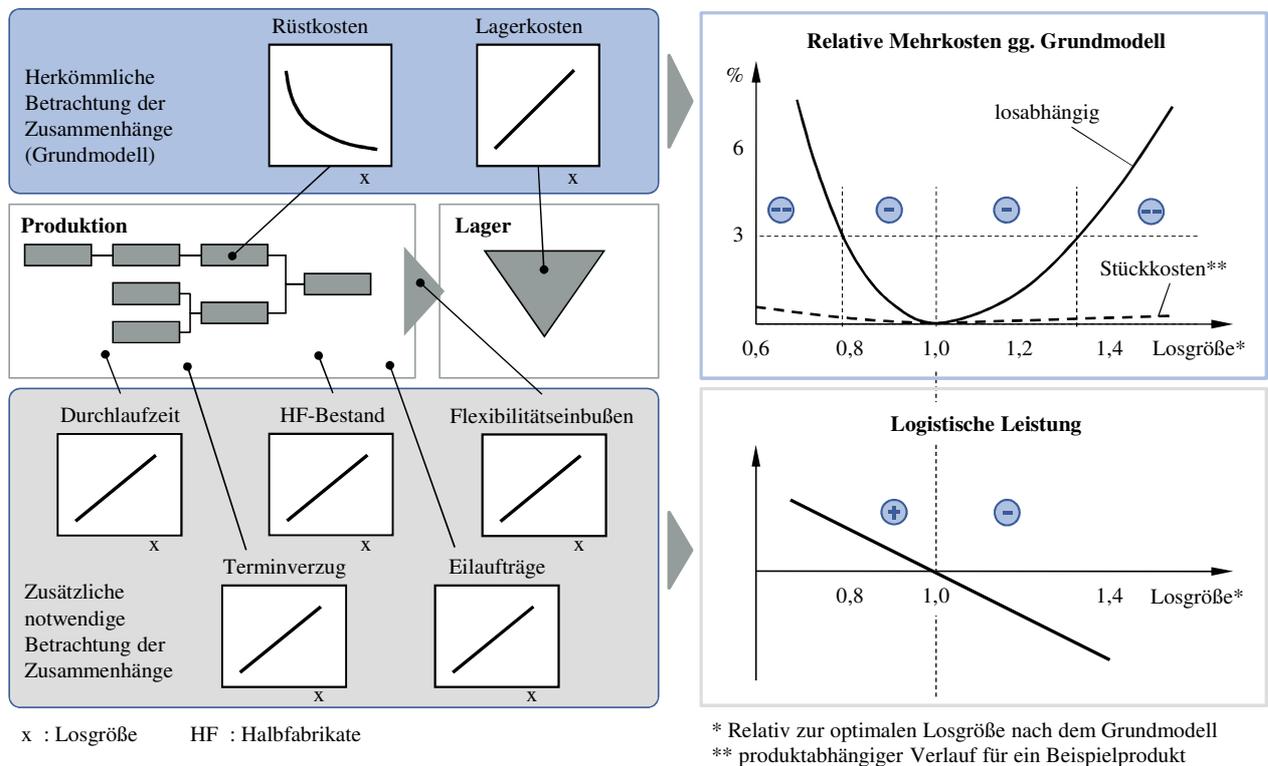


Abbildung 1. Einfluss der Losgrößenwahl auf unternehmerische Zielgrößen

Die rein kostenorientierte Betrachtung der Losgrößenbestimmung stößt aber zunehmend auf Kritik, da sie die negativen logistische Effekte, welche große Lose mit sich bringen, außer Acht lassen (siehe Abbildung 1, unterer Teil). So führen große Lose und damit einhergehend große Auftragszeiten dazu, dass die Warte- und Liegezeiten in der Produktion steigen, was durch die Verwendung der Kennlinientheorie [17] nachweisbar ist. Folglich werden also auch Durchlaufzeiten und Kapitalbindungskosten durch den Halbfabrikatebestand in der Produktion maßgeblich von der Losgröße beeinflusst. Mit zunehmenden Durchlaufzeiten steigt zudem deren Streuung, was sich negativ auf die Termintreue der Produktion auswirkt. Die Anzahl der Eilaufträge und damit die Kosten für den Steuerungsaufwand werden erhöht. Mit langen Durchführungszeiten der Aufträge an den Arbeitssystemen verringert sich zudem die Flexibilität der Produktion. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mit zunehmender Losgröße eine tendenziell sinkende Logistikleistung zu verzeichnen ist, welche branchenübergreifend einer der wesentlichen Wettbewerbsfaktoren ist. Wird eine Losgröße gewählt, welche kleiner als die nach dem Grundmodell berechnete ist, wirkt sich das positiv auf die Logistikleistung aus, was der qualitative Kurvenverlauf im unteren rechten Bildteil von Abb.1 verdeutlicht.

## ANSATZ ZUR BESTIMMUNG EINES TATSÄCHLICHEN LOSGRÖSSENOPTIMUMS

In Abbildung 2 sind neben den traditionellen betriebswirtschaftlichen Kostengrößen für den Auftragswechsel, die Lagerhaltung sowie die resultierenden losabhängigen Gesamtkosten (linker Bildteil) die angesprochenen logistischen Kenngrößen zur Veranschaulichung in Kostenfunktionen transformiert und über der Losgröße additiv aufgetragen (rechter Bildteil). Der Verlauf dieser Kostenfunktionen ist qualitativer Natur, scheint aber bis auf deren Steigung prinzipiell logisch.

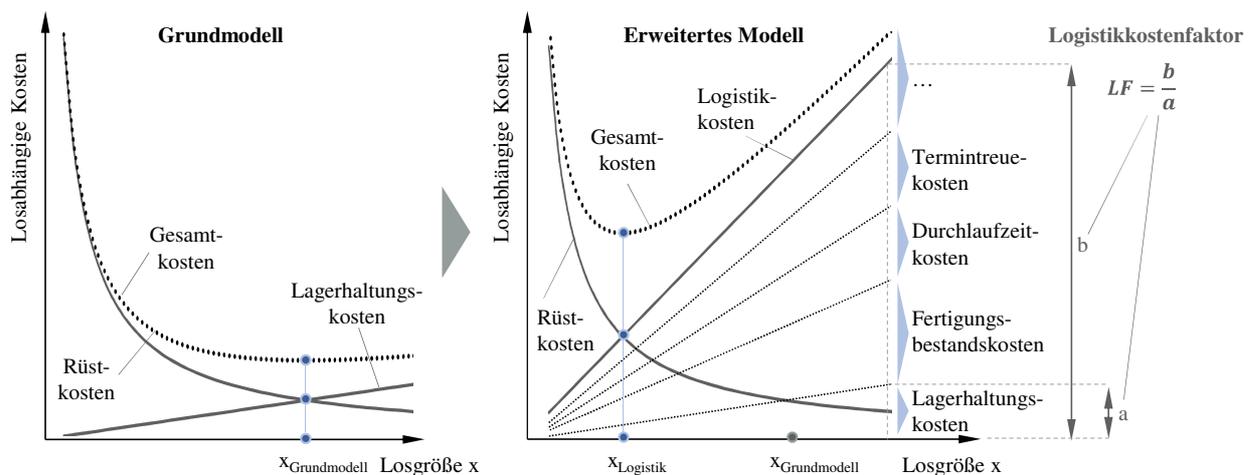


Abbildung 2. Modellierung der zusätzlichen losgrößenabhängigen Zielgrößen

Da alle relevanten logistischen Zielgrößen mit steigender Losgröße negativere Ausprägungen annehmen, steigen der Aufwand und damit auch die Kosten zur Handhabung der entsprechenden Situation.

Einige wenige Verfahren beziehen diese Aspekte bereits teilweise mit ein. Als Beispiel sei hier die Durchlauforientierte Losgrößenbestimmung genannt [14], die neben den Auftragswechsel- und den Lagerhaltungskosten die Kapitalbindungskosten durch den Fertigungsbestand in der Produktion berücksichtigt und damit den konventionellen Ansätzen sowohl aus betriebswirtschaftlicher als auch logistischer Sicht überlegen ist. Werden noch weitere logistische Kosten, wie Termintreue- oder Flexibilitätskosten berücksichtigt, ergibt sich als summierende Funktion eine Logistikkostenfunktion, die alle den Auftragsauflagekosten gegenüberzustellenden Kosten aggregiert. Hieraus ergibt sich ein Optimum bei deutlich kleineren Losgrößen als nach dem Grundmodell. Je mehr logistische Kriterien in ein Losgrößenberechnungsverfahren einbezogen werden können, desto kleiner wird das rechnerische Optimum.

Vor dem Hintergrund einer einfachen Modellierung sowie einer angestrebten Vergleichbarkeit verschiedener Szenarien scheint es sinnvoll, die Summe der (positiv) losgrößeninduzierten Kosten in Form eines Logistikkostenfaktors LF

auszudrücken. Dieser steht für das Verhältnis der gesamten relevanten Logistikkosten in Relation zu den traditionell verwendeten Lagerhaltungskosten (vgl. Abbildung 2). Die optimale Losgröße nach dem (erweiterten) Grundmodell würde sich damit in Anlehnung an [4,5] nach Formel 1 ergeben, wobei  $D$  den Gesamtbedarf im Untersuchungszeitraum (UZ),  $k_A$  den Auftragsauflagekostensatz,  $s$  die Herstellkosten des betrachteten Artikels und  $k_L$  den Lagerhaltungskostensatz im UZ darstellt.

$$x_{opt,Logistik} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot k_A}{s \cdot k_L \cdot LF}} \quad (1).$$

Das Verhältnis der optimalen Losgröße zur der nach dem Grundmodell berechneten lässt sich daraus resultierend nach Formel 2 ableiten.

$$x_{opt,Logistik} = \frac{1}{\sqrt{LF}} \cdot x_{opt,Grundmodell} \quad (2).$$

Auch wenn derzeit nicht alle logistikrelevanten Kostenbestandteile hinreichend genau ermittelt werden können, lassen sich bereits einige wesentliche Aussagen ableiten. Die Analyse der Untersuchungsergebnisse von Nyhuis [14] zeigt, dass der Logistikkostenfaktor bei der ausschließlichen Berücksichtigung der angesprochenen Fertigungsbestandskosten meist zwischen drei und sechs liegt. Je nach Relevanz der logistischen Leistungsfähigkeit für den Wettbewerbserfolg und dem damit einhergehenden Aufwand zur Realisierung anspruchsvoller Logistikziele liegt der Logistikkostenfaktor demnach bei mindestens drei, wahrscheinlich aber bei einem Wert von deutlich über sechs.

Nach Formel 2 käme selbst das Vorliegen eines Logistikkostenfaktors von lediglich drei einer Reduzierung der Losgröße gegenüber dem Grundmodell um über 42 % gleich. Das Vorliegen eines Logistikkostenfaktors von neun – was nach Ansicht der Autoren eher wahrscheinlich ist – würde eine optimale Losgröße bedeuten, deren Wert bei nur noch einem Drittel des Optimums nach dem Grundmodell liegt.

## INTERPRETATION DES ANSATZES

Nachdem skizziert wurde, dass die Losgröße einen Einfluss auf logistische Zielgrößen in der industriellen Produktion hat und wie sich dieser darstellt sowie versucht wurde, diese Wirkzusammenhänge in eine einfache und weitgehend anerkannte Modellierung über einen Logistikkostenfaktor zu integrieren, stellt sich die Frage, wie sich ein Unternehmen nun im Spannungsfeld dieser Zielgrößen positionieren kann. Interessant ist, dass es diesbezüglich keiner besonders großen Genauigkeit bedarf. In Abbildung 3 sind die

Stückkostenverläufe eines Beispielartikels für mehrere Logistikkostenfaktoren skizziert. Zudem sind die Punkte der verschiedenen Verläufe miteinander durch Isokostenlinien verbunden, bei denen die verwendeten Losgrößen und damit die Abweichungen (sowohl positiv als auch negativ) vom jeweiligen Optimum einen bestimmten prozentualen Stückkostenaufschlag nach sich ziehen.

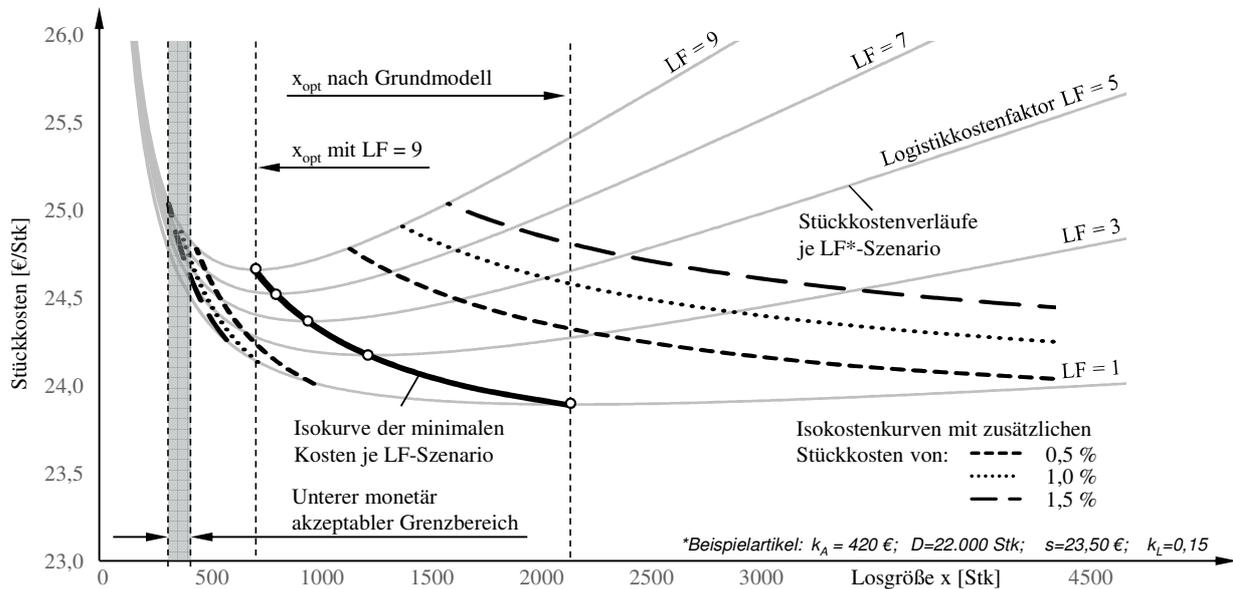


Abbildung 3. Interpretation durch Isokostenkurven

Anhand der Darstellung ist klar zu sehen, dass die Isokostenkurven bei einer Losgrößenreduzierung sehr dicht beieinander liegen und vor allem sehr steil verlaufen. Daraus lässt sich schließen, dass auf der linken Seite eine rüstkosteninduzierte Grenze vorliegt, welche aus monetären Gesichtspunkten nicht unterschritten werden sollte. Diese ist von den spezifischen Artikeldaten abhängig, liegt aber im Allgemeinen bei unter 25 % der nach dem Grundmodell ausgewiesenen Losgröße.

Es lässt sich aber auch ableiten, dass eine Überschätzung des Logistikkostenfaktors deutlich geringe Mehrkosten nach sich zieht als eine Unterschätzung. Die Verwendung eines angenommenen LF von 9 bei einem tatsächlich vorliegenden LF von 5 würde in diesem Beispiel Mehrkosten von 0,15% verursachen, die Mehrkosten bei der Verwendung des Grundmodells liegen dagegen bei 1,13 %. Selbst wenn der tatsächliche Logistikkostenfaktor einen Wert von nur 3 hätte, würde bei der Verwendung von LF = 9 ein ebenso großer Kostenfehler resultieren wie bei der üblicherweise vorliegenden Verwendung des Grundmodells. Für die Anwendung in der betrieblichen Praxis würde es sich daher bspw. anbieten, die analytisch bestimmbaren Fertigungsbestandskosten mit in die Berechnung einfließen zu lassen und anhand der Logistikrelevanz für das entsprechende Unternehmen einen zusätzliche Logistikkostenfaktor abzuschätzen – ohne damit ein monetäres Risiko eingehen zu müssen.

## ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag verdeutlicht zunächst, dass die durch verschiedene Verfahren ausgewiesenen optimalen Losgrößen sehr dicht beieinander liegen.

Es wird zudem gezeigt, dass die Ergebnisse i.d.R. nur Scheinoptima darstellen, da üblicherweise Wirkzusammenhänge, wie der Einfluss der Losgröße auf die Logistische Leistungsfähigkeit, vernachlässigen werden. Diese Aspekte fließen in die Skizze einer praxistauglichen Methodik ein.

Mit diesem Beitrag wird nicht der Anspruch verfolgt, einen geschlossenen mathematischen Ansatz zu entwickeln, bei dem wirtschaftliche und logistische Kriterien gleichermaßen berücksichtigt werden. Die Vielfältigkeit und Komplexität der Wirkzusammenhänge lässt eine derartige Lösung nach heutigem Kenntnisstand nicht zu. Zudem haben sich bislang in der Praxis nur solche Verfahren durchgesetzt, die einfach und praktikabel sind und nur geringe Anforderungen an das Verfahren selbst und die bereitzustellenden Daten haben. Um Gesetzmäßigkeiten ableiten zu können, welche die Losgrößenbildung im industriellen Umfeld praxistauglich und systematisch unterstützen, befassen sich aktuelle und zukünftige Forschungsarbeiten aber mit der Ermittlung bzw. Abschätzung der logistikseitigen Auswirkungen der Losgrößenwahl. Ziel ist es dabei, mit möglichst wenigen Parametern eine Losgröße zu bestimmen, die dem realen Optimum nahe kommt.

## LITERATUR

1. Orlicky, J. (1975) Material requirements planning. The new way of life in production and inventory management. New York: McGraw-Hill. S. 91.
2. Hopp, W. J., Spearman, Mark L. (2008) Factory physics. 3. Aufl. Boston: McGraw-Hill/Irwin. S. 91.
3. Schuh, G. (2006) Produktionsplanung und -steuerung. 3. Aufl. Berlin: Springer. S. 21.
4. Harris, F. W.: How Many Parts to Make at Once Factory. The Magazine of Management 10 (1913) 2, S. 135-136.
5. Andler, K. (1929) Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße. München.
6. Hopp, W. J., Spearman, Mark L. (2008) Factory physics. 3. Aufl. Boston: McGraw-Hill/Irwin. S. 51.
7. Wagner, H. M., Whitin, T. M. Dynamic Version of the Economic Lot Size Model, in: Management Science 5 (1958) 1, S. 89 - 95.
8. Silver, E. A., Meal, H. C. A heuristic for selecting lotsize quantities for the case of a deterministic time - varying demand rate and discrete opportunities for replenishment, in: Production and Inventory Management 14 (1973) 2, S. 64-74.
9. Groff, Gene K. (1979) A lot sizing rule for time-phased component demand, in: Production and Inventory Management 20, H. 1. S. 47-53.
10. De Matteis, J. J.; Mendoza, A. G. An Economic Lot - Sizing Technique, in: IBM Systems Journal 7 (1968) 1, S. 30-46.
11. Gahse, S. Lagerdisposition mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen, in: Neue Betriebs-wirtschaft 18 (1965) 1, S. 4-8.
12. Trux, W. Elektronische Datenverarbeitung in der Materialwirtschaft eines Industriebetriebes, in: Zeitschrift für Datenverarbeitung 4 (1966) 2, S. 94-106.
13. Swamidass P. M. (2000) Encyclopedia of production and manufacturing management. Boston: Kluwer Academic Publishers. S. 381.
14. Nyhuis, P. (1991) Durchlauforientierte Losgrößenbestimmung. Düsseldorf.
15. Recker, Andreas (2000): Losgrößenplanung in PPS-Systemen. Optimierende versus heuristische Verfahren. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. S. 200ff.
16. Wiendahl, H.P.: Throughput-oriented lot sizing, in: Annals of the CIRP 39 (1990) 1, S. 509-512.
17. Nyhuis, P., Wiendahl, H.-P. (2008) Fundamentals of production logistics: theory, tools and applications. Berlin: Springer.

# **E-LEARNING IN PRODUCTION PLANNING – AUTOMATICALLY GENERATED AND MARKED NET REQUIREMENTS CALCULATION EXERCISES**

**Markus Siepermann, Richard Lackes**

*Technische Universität Dortmund*  
*E-Mail: markus.siepermann@tu-dortmund.de*  
*richard.lackes@tu-dortmund.de*

This paper presents the concept and realisation of an e-learning tool that provides predefined or automatically generated exercises concerning the net requirements planning. Students may practise where- and whenever they like to via the internet. Their solutions are marked automatically while considering consecutive faults and without any intervention of lecturers.

## **1. INTRODUCTION**

A very important challenge in e-learning consists of the provision of an integrated, largely automatic learning environment for interactive user-oriented learning. One part of such an e-learning system is that students can practise with sophisticated exercises in an interactive way (see Haack 2002, p. 129) so that they have to find the answer on their own by using the learned approaches and their own knowledge. Those exercises should not only be composed of simple forms like multiple choice, true-false questions, jumbled sentences or fill-in-the-blank. In these cases, the practising students don't really need their knowledge because often they easily can guess the correct answers by systematically reducing the number of possible answers (see König 2001, p. 112). Good exercises that really help students understand the contents of lectures should not contain the answer in a more or less apparent form. Unfortunately, although such interactive exercises are welcomed and also demanded by students (see Glowalla et al. 2004, p. 61) they either do not exist or are very seldom in e-learning because of their complexity. In most cases, those exercises are still corrected by human beings today (see Kwan et al. 2004, p. 177; König 2001, p. 111). Thus, it is recommended to develop e-learning systems that accomplish with the following three requirements (see Siepermann 2005, p. 1751): (1) The exercises are more complex than multiple choice, fill-in-the-blank etc. (2) They allow students to really apply their new knowledge. (3) They give feedback in a predictable time. Therefore e-learning exercises should not prescribe the problem-solving procedure. Instead, they should allow many degrees of freedom to get to the right answers. Limitations should only appear if they are necessary to implement online exercises. Furthermore, e-learning exercises should be marked automatically, so that the students immediately get feedback concerning their given answer (see Bolliger & Martindale 2004, p. 62; Issing 2002, p. 162). Due to the various de-

degrees of freedom, this task is quite difficult to accomplish because often there is not only one correct answer but several answers that are more or less correct. Thus, we have a scale of correctness concerning the answers, not only whether they are correct and false. This circumstance is evoked by consecutive faults and high complexities of exercises and topics. For all this we cannot create an overall type of e-learning exercise with which all possible kinds of topics can be practised. Instead, we have to examine each topic of a lecture and then have to create special exercises for each or a couple of topics. But the concepts of those exercises should be as general as possible so that it will be easy to extend exercises and to transfer the underlying concepts to new kinds of exercises. For this reason, it is recommended to design e-learning exercise systems as modular systems so that single modules can be reused within other exercise types.

## **2. PURPOSE**

In the following we will describe an e-learning system, called Bru-N-O'Mat, that provides exercises to students concerning the net requirements calculation (= Brutto-Netto-Rechnung in German) in production planning systems. This calculation, which is based on a relatively simple table structure, determines the amount and points in time of products and parts that a manufacturer has to produce or to order within its planning horizon. (see Fandel et. al. 1997, p. 158 et sqq.; Lackes 1998, p. 293 et sqq.) Now, the main purpose is to provide a collection of exercises that students can use to practise on their own. Therefore, the e-learning system has to support the definition of interactive exercises of different types, the solving of exercises including support of the solution process, the administration of students and exercises and the archiving of exercises and solutions made by students.

All this should be done via the Internet so that students can practise wherever and whenever they want to. But besides the provision of exercises, some additional purposes are pursued: A sophisticated way of practicing (1), an automatic generation of exercises (2) and an automatic marking of students' exercises (3). The first purpose deals with the type of exercises. Students shouldn't be able to guess a solution. Therefore, it is not only the final result that counts, but also the way students have arrived at their results. Unlike the intelligent tutoring tools of the Byzantium project that provide multiple ways of how to reach a correct solution (see Patel & Kinshuk 1996, p. 141), the Bru-N-O'Mat doesn't prescribe any solving procedure. Students have to build their own calculus without predefined tables or captions. Therefore, the Bru-N-O'Mat not only has to verify the values the students have calculated but also their way of solving the exercise, i.e. have they used the correct technical terms with correct meanings and correct relations within the parameters? The second purpose is always a very difficult task. But to provide diversified exercises, an automatic generation of exercises would be a great advantage for practising. The third purpose is of very high importance. An automatic marking guarantees a quick response and feedback. In contrast to hu-

man lecturers, an e-learning system can mark a solution within seconds and can give hints as to what lecture topic should be revised. Furthermore, when providing an automatic marking, human lecturers are relieved from routine jobs and can concentrate on more important jobs. Despite the »simple« calculus, building feasible and suitable exercises, as well as marking the student's solution automatically, is a quite complex and difficult challenge.

### **3. ARCHITECTURE**

Within the e-learning system, we can distinguish three different tasks. The first task deals with the provision of exercises. There, we have to meet several requirements. First of all, the e-learning system should provide to lecturers the option of defining, storing and managing exercises and versions of exercises. Those exercises could be of three types: Simple exercises, timed exercises and exam exercises.

Simple exercises are ordinary exercises that can be solved by students. They consist of a description and an editor. Timed exercises additionally provide the target time of the exercise. That helps to prepare for exams because now students know if they are quick enough. Exam exercises also provide the target time, but unlike timed exercises after the target time has run out, students cannot continue with exam exercises anymore. Furthermore, all exercises are classified by different difficulty levels, since the difficulty of exercises should be suitable to the students' level of knowledge. Therefore, it is essential that students be able to choose among several difficulty levels of exercises in order to gain a high acceptance of exercises by students. Apart from the definition and provision of predefined exercises, the e-learning system also provides self-generated exercises without any intervention of lecturers. This task is one of the most difficult tasks of the e-learning system. Despite the relatively simple table structure, the complexity of exercises concerning the net requirements calculation is very high because there are several interdependencies between parameters that have to be taken into account and it can be difficult to generate valid values. As well, the generated values have to fulfil several conditions so that a calculation can take place. For example, it is recommended that the warehouse stock not cover all gross requirements because otherwise lot-sizing won't be necessary. All these conditions have to be considered when generating an exercise. The generated exercise must be feasible and suitable at the same time. Furthermore, for each exercise the target time has to be calculated and the exercises have to be classified by a difficulty level. The target time can be calculated by counting all necessary table entries and considering the difficulties within an exercise. Therefore, the difficulties have to be parameterised. This parameterisation can also be used for the classification of exercises concerning the difficulty level.

The second task – practising with exercises – first of all focuses on usability. No system will gain acceptance without a minimum of ergonomics and user friendliness. For this reason, all exercises, except for exam exercises can be saved at

any time and can be continued later. But the practising task mainly focuses on how students achieve their answers instead of the final results of their calculation. The advantage of this approach is that students cannot guess the correct answers. They have to know the correct way of solving the problem. This implies that if students have managed to solve an exercise they have understood the underlying problem instead of memorizing facts and solutions. Therefore, the e-learning system provides interactivity and many degrees of freedom when solving an exercise. Aside, regarding some special topics the students are allowed or rather encouraged to use external instruments to solve an exercise, for example, when calculating the net requirements the lot-sizing should be done externally.

However, the various degrees of freedom lead to a higher complexity of exercises so that the automatic marking of exercises – the third task – is quite difficult. Focusing on the way students solve an exercise, this means that a simple comparison between the values students have calculated and the reference values won't be sufficient. Therefore, the user interface and the marking algorithm have to be very tolerant concerning mistakes so that a mistake committed in the beginning of an exercise won't lead to an abnormal termination. Within a calculation it is evident that the automatic marking is able to analyse the solution in order to find consecutive faults. If every mistake a student has made is marked as incorrect the motivation of students will decline because of the mass of mistakes. Therefore, consecutive faults are identified and not marked as incorrect. Furthermore, the e-learning system not only points out the mistakes made by students but also the corresponding topics that are obviously not understood. The advantages of such an automatic system are evident: Students get a qualified feedback immediately. Lecturers are relieved from marking students' solutions and modal fragmentation will not occur so that transmission errors between media are reduced.

#### **4. FUNCTIONALITY**

The Bru-N-O'Mat is a web-based platform, written in PHP and HTML, students can use to apply their knowledge concerning the net requirements calculation and order planning. Students have two choices:

- Solving exercises defined by lecturers e.g. old exam exercises, and
- creating and solving randomly generated exercises.

Irrespective of the chosen exercise, predefined or randomly generated, the interface to solve an exercise remains always the same. The table structure they need to solve the problem is not given but has to be created at the start of each exercise. Students can add or delete rows and columns of the table and the captions are not given. Instead they have to name each row and each column on their own. All needed values are given within the exercise description. The exercise description may vary concerning the presentment. The relations between parts, the forerunning time displacements and the production coefficients can be dis-

played using a simple table or the gozintograph as graphical representation. Within random exercises or while creating a predefined exercise, the gozintograph is computed by the Bru-N-O'Mat automatically out of the given values. Other values can also be described textually or within tables or graphics. There is no restriction concerning the exercise description students will see.

Depending on the given values, student must determine the number of periods, the rows he needs within the net requirements calculation and so on. Depending on the required algorithm, the lot-sizing is one of the most complicated tasks because it has to be done by students without any help from the program. They have to calculate the lot-size outside the program on their own and then use the result within the net requirements calculation. While solving an exercise, students can save their partial solution and quit the program. They can return to a saved exercise and resume it. After finishing, they send their solutions to the Bru-N-O'Mat, which automatically marks the solutions and shows all mistakes students might have made. Furthermore, the total time students needed to solve the exercise is displayed and compared to the target time.

Lecturers too can solve exercises they created or which the Bru-N-O'Mat generated automatically. Additionally, they can use the Bru-N-O'Mat to solve a predefined exercise in order to check if all parameters are correct and given. Furthermore they can generate random exercises by defining precisely which complexity parameters the exercise should have. This helps to define classic exam exercises that are still the status quo at German universities. Besides this, lecturers administer the predefined exercises. They can change existing exercises because of typing errors, problems in understanding and so on. Additionally, each exercise can be activated within a certain period of time. Within this period, the exercise can be solved by students. Before this period, the exercise won't be shown to students. Afterwards the exercise is shown, but cannot be solved anymore. Students who have solved the exercise only can view their own solution and the reference solution.

#### **4.1 Random exercises**

In case of randomly generated exercises, students first have to choose the difficulty level the generated exercise should have. They can choose between three levels: Easy, normal and difficult. The definitions of difficulty levels are predefined within the tool and can only be changed by lecturers. We can distinguish two kinds of difficulties: The length and the complexity of an exercise.

The length of an exercise means the time which is available to solve the exercise. It has nothing to do with the difficulty of an exercise. On the contrary, the difficulty is determined by the complexity of the content of the exercise. This complexity is determined by the following parameters: Which parameter has to be used in content? Is the forerunning time displacement given as is or does it have to be calculated by using the lead time and the processing time? Are the primary requirements given or are they given as sales orders and sales forecast?

Which lot-sizing algorithms have to be used (e.g. Wagner-Whitin)? Are there partially dependant requirements for inferior parts that affect former periods?

Each complexity parameter is assigned to a percentage that represents a complexity. Summing up all percentage values, we get a difficulty level of 100 percent. Each difficulty level is now assigned to an interval between 0 and 100 percent. The percentage of each parameter and the percentage boundaries of each difficulty level can be defined by lecturers but not by students. Now, when students choose a certain difficulty level the Bru-N-O'Mat chooses the complexity levels at random such that the sum of their percentages lies between the boundaries of the chosen difficulty level.

After that the Bru-N-O'Mat creates random values for the chosen parameters. But due to interdependencies between some parameters of the net requirements calculation, not all values can be computed at random but have to be calculated. For example there is a relation between released orders or open purchase orders of superior parts, reservations of inferior parts for released orders of superior parts and the corresponding lead time, processing time and forerunning time displacement. These interdependencies have to be taken into consideration when generating and calculating values for each parameter. Furthermore, it has to be taken into account that the warehouse stock, for example, doesn't cover the gross requirements in all periods. Besides, the net requirements have to be chosen in such a way that there will be some lot-sizing. Therefore, the chosen lot-sizing algorithm, which may vary from part to part, has to be considered as well.

## **4.2 Marking of exercises**

As the net requirements calculation is a deterministic calculus without any degrees of freedom, the marking of a student's solution won't be too complicated. Nevertheless, the marking algorithm has to consider three aspects: Content faults, arithmetical faults and caption faults.

Caption faults only occur in the header of a column or row. In order to detect mistakes in writing e.g. saftey stock, we have implemented a tolerant word recognition that not only accepts the correct words but also some minor mistakes in writing. Due to this procedure the exercises only provide that information which is needed to solve the problem, but nothing else like the needed scheme. Content faults are made because students don't know how to calculate the net requirements correctly. This leads to incorrectly used values. Arithmetical faults arise when students know about the calculation, but don't add up some values in a mathematically correct way. Irrespective of the faults that occur, the student might have chosen the correct way of calculating the net requirements. Therefore, all faults have to be taken into account. Thus, the marking algorithm always checks one value of the student's solution. If it is correct, the algorithm proceeds with the next value. If not, the algorithm has to mark and memorize the mistake. When proceeding to the next value, the algorithm now has to check this next value considering the previously made mistakes in order to find consecu-

tive faults. There are three possibilities concerning the next value: (1) The next value is correct with regard to the reference solution. (2) The next value is correct with regard to the previously made mistakes. (3) The next value is completely incorrect.

In the first case, the checked value is correct and nothing has to be done. In the second case, the value is a consequence of a previously made mistake and has to be marked as a consecutive fault. In the third case, the value has to be marked as incorrect. After the marking algorithm has finished, the marked solution is displayed to the student. The reference solution that is also calculated automatically can also be viewed by the student.

## 5. CONCLUSION

Even if classical lectures are often criticized, students mostly prefer this form of teaching (Glowalla et al. 2004, p. 58) and don't want them to be replaced by electronic lectures (Bruns 2002, p. 19). Therefore, e-learning should not be a replacement but an additional feature of classical lectures. Thus, the development of the Bru-N-O'Mat had two purposes: Providing exercises so that students can practise on their own, when and where they wish to and without the need of a supervising lecturer who has to mark the students' solution, and relieving lecturers from marking students' solutions in order to save time. This time can be spent to support gifted students or to take care of less talented students who need more help than other students.

Both purposes have been reached. With the help of the Bru-N-O'Mat, lecturers can provide exercises so that students can practise and prepare for exams. The three major benefits of the Bru-N-O'Mat are that, firstly, because of the automatically generated exercises students can exercise as often as they want to and no exercise will be the same. They can achieve a self-steered learning which is one of the most efficient ways of learning (Kerres & Jechle 2002, p. 272). Secondly, the students' solution are marked automatically without any intervention of lecturers. Therefore, lecturers now save time that they can spend more dedicatedly than before. Furthermore, the Bru-N-O'Mat can be used to create classic exam exercises and therefore, again, this saves time and reduces errors in exams. Thirdly, the exercises don't tell students how to solve the problem so that students really have to apply their knowledge instead of guessing or simply calculating a result.

The Bru-N-O'Mat is now ready to use. What has to be done is a linking to the topics of a lecture in case the student has made any mistakes. Furthermore, the mistakes made by students can be analysed in a more detailed way. Because of interdependencies between several parameters, we can distinguish if a student has a deficit in content or if it is only a slip. Due to the sophisticated parametrisation of the Bru-N-O'Mat the program can easily be adjusted if new demands appear. Furthermore, the difficulty levels and complexity parameters can be adjusted if it turns out that their significance has not been estimated correctly. Be-

cause of its open architecture, the Bru-N-O'Mat can easily be extended so that other kinds of calculation can be implemented for practising.

## 6. REFERENCES

1. Bolliger, D., & Martindale, T., 2004. Key Factors for Determining Student Satisfaction in Online Courses. *International Journal on E-Learning*, (3), pp. 61-67.
2. Bruns, H., 2002. How to choose the right eLearning technique? Overview and recommendations. Bruns, H., & Ambrosi, G.M. (Eds.). *eLearning and Economics*, Books on Demand, Norderstedt, Germany, pp. 17-25.
3. Fandel, G. et al., 1997. PPS- und integrierte betriebliche Softwaresysteme: Grundlagen – Methoden – Marktanalyse. 2nd edition, Springer, Berlin et al., Germany.
4. Glowalla, U. et al., 2004. Verbessern von Vorlesungen durch E-Learning Komponenten. *i-com*, 3 (2), pp. 57-62.
5. Haack, J., 2002. Interaktivität als Zeichen von Multimedia und Hypermedia. Issing, L.J., & Klimsa, P. (Eds.). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. BeltzPVU, Weinheim, Germany, pp. 127-136.
6. Issing, L.J., 2002. Instruktions-Design für Multimedia. Issing, L.J., & Klimsa, P. (Eds.). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. BeltzPVU, Weinheim, Germany, pp. 151-176.
7. Kerres, M., & Jechle, T., 2002. Didaktische Konzeption des Telelernens. Issing, L.J., & Klimsa, P. (Eds.). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. BeltzPVU, Weinheim, Germany, pp. 267-281.
8. König, M., 2001. E-Learning und Management von technischem Wissen in einer webbasierten Informationsumgebung. Druckerei Duennbier, Duisburg, Germany.
9. Kwan, R., et al. 2004. Reaching an Itopia in distance learning – A case study. *AACE Journal*, 12(2), pp. 171-187.
10. Lackes, R., 1998. Kapazitätsorientierte Produktionsplanung und -steuerung. Corsten, H. & Gössinger, R. (Eds.): *Dezentrale Produktionsplanungs- und steuerungssysteme: eine Einführung in zehn Lektionen*. Kohlhammer, Stuttgart et al., Germany, pp. 289-316.
11. Patel, A. & Kinshuk (1996). Intelligent Tutoring Tools – A problem solving framework for learning and assessment. In: M. F. Iskander et al. (Eds.): *Proceedings of 1996 Frontiers in Education Conference – Technology-Based Re-Engineering Engineering Education*, Salt Lake City, USA, pp. 140-144.
12. Siepermann, M., 2005. Lecture Accompanying E-Learning Exercises with Automatic Marking. Richards, G. (Ed.). *Proceedings of E-Learn 2005*. Chesapeake, USA, pp. 1750-1755.

# DIMENSIONING OF TAKTED IN-PLANT MILK-RUN SYSTEMS FOR MATERIAL DELIVERY

E. Klenk, S. Galka, W.A. Guenther

*Lehrstuhl fuer Foerdertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universitaet  
Muenchen, klenk@fml.mw.tum.de*

Für die interne Materialversorgung der Produktion werden vermehrt getaktete Routenzüge eingesetzt. Um eine hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten müssen bei der Auslegung der Routenzüge vorhersehbare Schwankungen berücksichtigt werden. Entsprechend ist die Anzahl der Routenzüge und deren Taktung so zu bestimmen, dass ein festgelegter Servicegrad der Versorgung sichergestellt werden kann. Im vorliegenden Beitrag wird aufgezeigt, welche Datenbasis für die Auslegung herangezogen und wie die Anzahl der notwendigen Routenzüge und Touren berechnet werden kann.

Taked in-plant milk-run systems are a more and more common transport concept for in-plant material delivery, especially in the automotive industry. In order to ensure a highly reliable transport process, predictable variations in the transport amount have to be taken into account when dimensioning such systems. Accordingly, the number of milk-run trains and their transport takt have to be determined in a way to guarantee a fixed delivery service level. This paper presents the data necessary for dimensioning a milk-run system and explains how to calculate the number of milk-run trains in the system.

## **Einführung**

Die Nachschubversorgung von Produktionsbereichen wird immer anspruchsvoller. Treiber dieses Trends ist vor allem die häufiger werdende Herstellung unterschiedlicher Produkte auf den gleichen Fertigungsanlagen und die daraus folgende höhere Anzahl von unterschiedlichen Materialien, die in der Produktion bereitgestellt werden müssen. Die dazu notwendige Materialverdichtung ist nur mit kleineren Behältern zu bewerkstelligen, die in hoher Frequenz für die Produktion bereitgestellt werden. Der Trend zu kleineren Behältern wird noch durch das Ansinnen bestärkt, die Bestände in der Produktion zu verringern. [1, S.32]

Um diese Zielsetzungen zu erreichen und die Versorgungssicherheit der Produktion trotzdem zu gewährleisten, ist eine Synchronisierung zwischen Produktion und Logistik erforderlich. [1, S. 275, 2] Die Nachschubversorgung für die Produktion steht dabei im Zielkonflikt zwischen ressourcenarmen und damit kostengünstigen Strategien und einer sicherheitsorientierten und stabilen Auslegung der Versorgungsprozesse. Eine Möglichkeit diesem Zielkonflikt zu begegnen ist der Einsatz von Routenverkehren für die Materialbereitstellung. Vor allem in der Automobilbranche setzt sich dieser Trend immer stärker durch. [1, S.275, 3, 4]

Ein Routenzug ist dabei ein zirkulierendes Transportsystem, welches in definierten Zeitabständen unterschiedliche Materialien aus einem produktionsnahen Lager auf einem definierten Fahrweg an verschiedene Zielorte in der Produktion transportiert. [5 S.191f.] Der Routenzug besteht üblicherweise aus einem Zugfahrzeug und mehreren Anhängern. Ein Beispiel ist in Abbildung 1 dargestellt.



Abb. 1 Routenzug bei der Beladung

Neben den bereits anfangs erwähnten Zielen ermöglicht der Einsatz von Routenzügen weitere wichtige Zielstellungen wie Transparenz in den Abläufen, robuste Prozesse und eine schnelle Reaktionsfähigkeit zu erreichen. Der Zusammenhang zwischen den grundlegenden Zielsetzungen und deren Umsetzung mit Hilfe von Routenzügen ist in Abbildung 2 dargestellt.

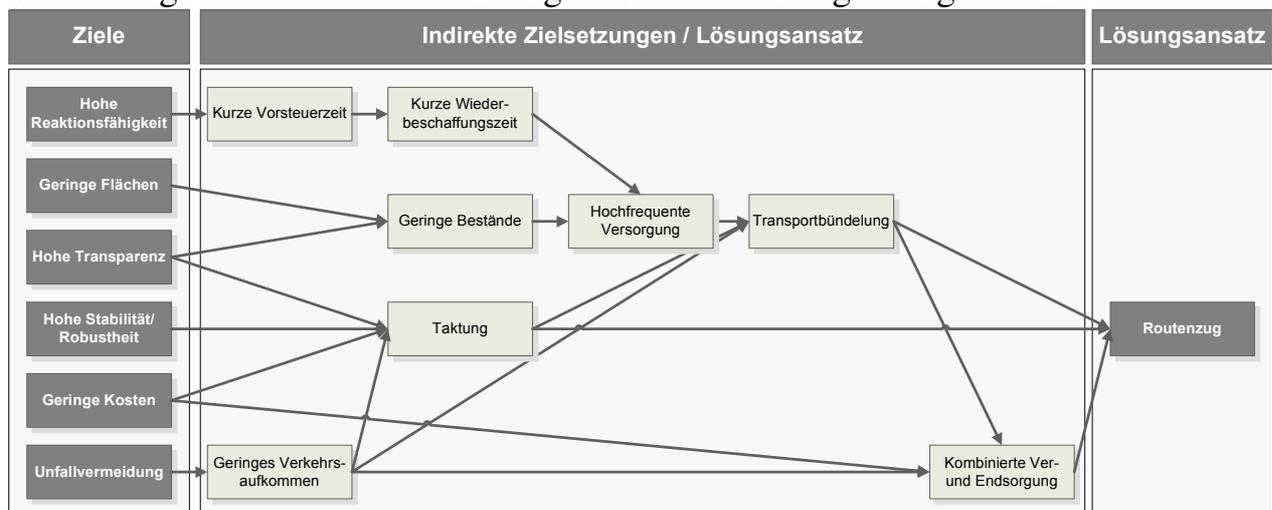


Abb. 2 Zusammenhang zwischen unternehmerischen Zielstellungen und deren Umsetzung durch die Implementierung von Routenzügen

Um diese Ziele zu realisieren ist eine genaue Planung notwendig. Durch die Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten bei der technischen und organisatorischen Auslegung der Routenverkehre ist diese eine sehr komplexe Aufgabe bei der der Planer methodisch unterstützt werden muss. [6, S. 512] Entsprechende Planungsmethoden wurden bisher nicht publiziert. Vielmehr ist die Planung von individuellen Lösungsansätzen der einzelnen Planer geprägt, was zu sehr unterschiedlichen Lösungen führt. [4, 7, S. 13; 8, S. 147]

In der Regel werden die Routen einmalig in der Planung festgelegt. Unter einer Route wird eine vorgeschriebene Wegführung im Hallenlayout verstanden, durch die festgelegte Bedarfsorte versorgt werden. Eine Tour ist eine Fahrt eines Flurförderfahrzeuges auf einer bestimmten Route. Im Rahmen der Planung ist festzulegen, in welchen zeitlichen Abständen die Touren gestartet werden. Häufig werden Touren in unregelmäßigen Zeitabständen gestartet (z.B. wenn der Routenzug voll ist oder wenn die letzte Tour beendet wurde). Gerade aber die Synchronisierung von Logistik und Produktionsprozess erfordert getaktete Routenzüge, die nach einem vorgegebenen Fahrplan fahren (Busprinzip).

### **Planungsansatz**

Im Folgenden wird ausschließlich die Planung von Systemen mit fixen Routen und fester Taktung betrachtet. Bei derartigen Systemen werden die o.g. Größen im operativen Betrieb nur bei größeren Veränderungen der Rahmenbedingungen (z.B. deutliche Erhöhung der Bedarfe) angepasst. Damit müssen bereits bei der Planung Schwankungen, die im laufenden Betrieb bekanntermaßen auftreten, berücksichtigt werden, um eine sichere Versorgung zu gewährleisten.

Zur Berücksichtigung von vorhersehbaren Schwankungen in der Planung können verschiedene Strategien zum Einsatz kommen. Zum einen kann ein zeitlicher Puffer auf jeder Fahrt vorgesehen werden (wie bspw. beim Busverkehr im ÖPNV). Außerdem sollte die geplante Kapazitätsauslastung der Züge im Mittel deutlich unter 100% betragen. Zudem können durch Sicherheitsbestände in der Produktion Verspätungen und Störungen im Versorgungsprozess abgefangen werden.

Ziel der hier beschriebenen Planung ist eine erste Auslegung eines Routenzugsystems, d.h. die Bestimmung eines sinnvollen Taktes, der mindestens benötigten Anzahl an Routenzügen, Routen und Touren. Diese Größen beeinflussen sich gegenseitig und können nicht unabhängig voneinander festgelegt werden. Bei einer Verkürzung des Taktes können bspw. auf einer Fahrt bei gleichbleibender Route weniger Behälter mitgenommen werden. Es erhöhen sich die fixen Zeitanteile je Fahrt (Fahren, Tätigkeiten am Bahnhof etc.), dadurch erhöht sich auch die Anzahl der benötigten Fahrten und umgekehrt.

### **Vorgehensweise bei der Planung**

Zur Auslegung des Routenzugsystems muss zunächst der geplante Prozessablauf beschrieben und die für die einzelnen Tätigkeiten bei der Routenzugversorgung anfallenden Zeiten bestimmt werden. Typischerweise wird der Routenzug auf einer Tour zunächst an einem Bahnhof beladen. Anschließend fährt der Fahrer auf seiner Route mehrere Haltepunkte an, an denen er anhält, volle Behälter von seinem Zug entnimmt und an den Bedarfsorten abstellt sowie leer gewordene Behälter von den Bedarfsorten mitnimmt. Am Ende der Tour entlädt er das Leergut und fährt wiederum zum Bahnhof, um die nächste Tour zu starten.

Die benötigte Zeit für eine Tour (Zykluszeit des Routenzuges,  $ZZ$ ) setzt sich also zusammen aus der Zeit für die Beladung ( $t_B$ ), der Zeit fürs Fahren ( $t_F$ ), der Zeit fürs Anhalten an den Haltepunkten ( $t_S$ ), der Zeit für die Handhabung an den Bedarfsorten ( $t_H$ ) und der Zeit für die Leergut-Entladung ( $t_E$ ), vgl. Abbildung 2.

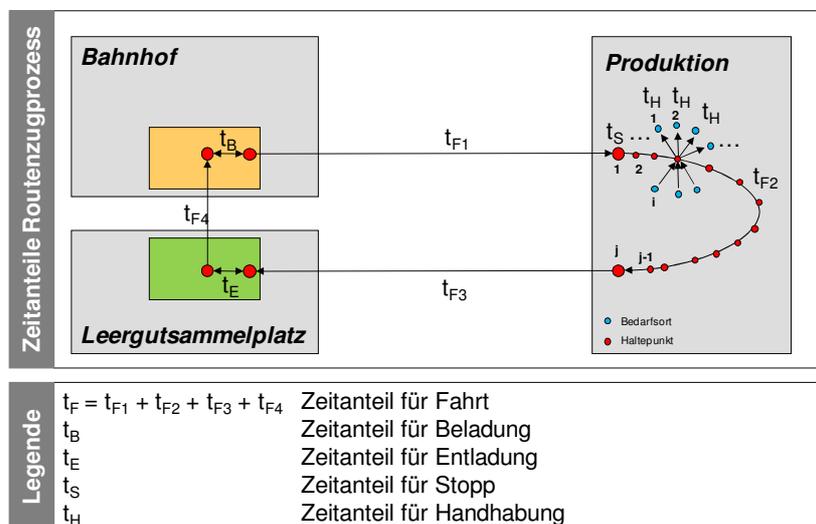


Abb. 2 Zeitanteile im Routenzugprozess

Dabei ist  $t_F$  abhängig von der zu fahrenden Strecke,  $t_H$  ist abhängig von der Anzahl der auf der Tour auszuliefernden Menge an Behältern.  $t_S$  wird bestimmt von der Anzahl der Haltepunkte auf der Tour, dabei können ggf. von einem Haltepunkt aus mehrere Bedarfsorte beliefert werden.  $t_B$  und  $t_E$  können je nach Prozess ebenfalls von der Anzahl der zu be-/ entladenden Behälter abhängig (wenn bspw. der Routenzugfahrer die Beladung und Entladung selbst durchführt) oder unabhängig sein (wenn bspw. am Bahnhof lediglich Anhänger getauscht werden). Die Zeiten je Vorgang können bspw. durch MTM-Analysen (Methods Time Measurement) oder Zeitmessungen ermittelt werden. Für die weitere Planung wird für alle Bedarfsorte und Behälterttypen die gleiche Handhabungszeit  $t_H$  angenommen.

Neben diesen bei der Auslieferung der KLTs anfallenden Zeiten müssen bei der Auslegung außerdem „Vorlaufzeiten“ für den Informationsfluss (Nachschubaufträge aus der Produktion, z.B. Kanban-Abruf) und ggf. vorgelagerte physische Prozesse (z.B. Auslagerung) berücksichtigt werden, sofern diese die Wiederbeschaffungszeit für ein Material und damit die in der Produktion vorzuhaltenden Materialreichweiten beeinflussen. Dies können bspw. Zeiten für die Übermittlung von Nachschubaufträgen, Wartezeiten im IT-System, Zeiten für Auslagerung und Kommissionierung sein.

Im nächsten Schritt muss das über das Routenzugsystem abzuwickelnde Mengengerüst bestimmt werden. Dazu wird für jede Kombination aus Materialnummer und Bedarfsort  $1, \dots, i, \dots, k$  der geplante mittlere Bedarf an bereitzustellenden KLTs pro Zeiteinheit  $\mu_i$  sowie dessen Schwankung (Standardabweichung)  $\sigma_i$  ermittelt. Es darf angenommen werden, dass sich

Schwankungen bei einzelnen Materialien bei Bündelung mehrerer Bedarfe über einen Routenzug teilweise nivellieren. Zur Auslegung der Routen ist es daher notwendig, den mittleren Bedarf sowie die Schwankung je Route zu berücksichtigen. Zur späteren Bestimmung der Sicherheitsbestände am Bedarfsort je Materialnummer müssen aber in jedem Fall die einzelnen Verteilungen herangezogen werden.

Außerdem muss die Transportkapazität der Routenzüge  $a$  bestimmt werden. Diese ist abhängig von der Anzahl und Größe der eingesetzten Anhänger bzw. Transportgestelle und wird meist auf Basis von räumlichen Gegebenheiten (z.B. Gangbreiten) festgelegt.

Bei der eigentlichen Auslegung muss eine sinnvolle Taktung für das Routenzugsystem bestimmt werden. Dabei soll für alle Routen (falls aufgrund der zu transportierenden Menge mehrere Routen notwendig sind) der gleiche Takt festgelegt werden, um insbesondere am Bahnhof die Routenzüge in definierten Zeitabständen beladen zu können und dort Wartezeiten zu vermeiden. Da speziell im Falle der Versorgung mit KLTs der zeitliche Aufwand für das Fahren und Halten an den Haltepunkten im Vergleich zum Zeitanteil für die Beladung und die Handhabung in der Produktion sehr gering ist, wird weiterhin für alle zu bestimmenden Routen dieselbe Fahrzeit und Stoppzeit auf Basis einer repräsentativen Route angesetzt. Ziel ist außerdem eine möglichst gleichmäßige Auslastung der unterschiedlichen Routen.

Zur Berechnung der Zykluszeit des Routenzuges kann zunächst eine untere und obere Schranke bestimmt werden. Die untere Schranke entspricht der reinen Fahr- und Stoppzeit. Die obere Schranke ergibt sich als Summe der Zeiten bei Fahrt mit voller Kapazitätsauslastung, also bei  $a$  auszuliefernden Behältern.

$$t_F + t_S \leq ZZ \leq t_F + t_S + a \cdot (t_H + t_B + t_E)$$

Schwankungen in den Zeitanteilen (z.B. Fahrzeitschwankungen aufgrund von Behinderungen auf dem Fahrweg) sind in den MTM-Zeiten in Form von Verteilzeitzuschlägen bereits berücksichtigt. Somit ist der Takt  $T$  der Routenzüge innerhalb der genannten Schranken festzulegen. Aus Gründen der Transparenz empfiehlt es sich hierbei, einen „glatten“ Takt (also z.B. 30 Minuten, 45 Minuten usw.) zu wählen.

Basierend auf dieser Taktung, kann bestimmt werden, wie viele Behälter  $n$  auf einer Tour innerhalb des Taktes transportiert und bereitgestellt werden können.

$$n = \left\lfloor \frac{T - t_F - t_S}{t_H + t_B + t_E} \right\rfloor$$

Da das getaktete System nicht bzw. nur zu sehr hohen Kosten auf beliebige Bedarfsschwankungen ausgelegt werden kann, muss ein gewünschter Servicegrad  $S$  für die Versorgung festgelegt werden. Dieser ist durch jeden Routenzug bzw. auf jeder Route zu erfüllen.

Zur Bestimmung von möglichen Kombinationen von Taktung und Transportmenge je Tour unter Berücksichtigung des festgelegten Servicegrades

müssen Mittelwert und Schwankung der Transportmenge je Tour, d.h. der Summe der Bedarfe je Tour ermittelt werden.

Zur Normierung der Bedarfsschwankungen wird zunächst je Materialnummer und Bedarfsort der Variationskoeffizient  $v_i$  gebildet.

$$v_i = \frac{\sigma_i}{\mu_i}$$

Anschließend wird der mittlere Variationskoeffizient  $v$  über alle  $i$  bestimmt.

$$v = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k v_i$$

Im Rahmen der Auslegung ist die mittlere Anzahl von Behältern  $\mu_T$  zu bestimmen, die auf einer Tour mitgenommen werden können, so dass die bei Schwankungen tatsächlich auszuliefernde Anzahl KLTs mit einer Wahrscheinlichkeit von  $S$  innerhalb des vorgegebenen Taktes gehandhabt werden kann. Im festgelegten Takt können maximal  $n$  KLTs gehandhabt werden. Mit einer Wahrscheinlichkeit von  $1 - S$  kommt es damit zu einer Überschreitung des Taktes. Es wird angenommen, dass die Summe der zu transportierenden Behälter auf einer Tour normalverteilt mit Variationskoeffizient  $v$  ist. Damit ergibt sich die Standardabweichung  $\sigma_T$  der Normalverteilung  $\mathcal{N}$  aus

$$\sigma_T = v \cdot \mu_T$$

Es sind die Parameter der Verteilung  $\mathcal{N}(\mu_T, \sigma_T)$  so zu bestimmen, dass für die zugehörige Verteilungsfunktion  $F$  gilt

$$F(\mu_T) = P(X \leq \mu_T) = 0,5$$

und

$$F(n) = P(X \leq n) = S$$

Die Festlegung der Routen erfolgt derart, dass im Mittel pro Tour auf einer Route  $\mu_T$  KLT auszuliefern sind. Dazu ist festzustellen, wieviele KLT in Summe pro Takt  $\mu_{Ges}$  auszuliefern sind.

$$\mu_{Ges} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^k \mu_i$$

Um die berechnete Gesamtmenge pro Takt auszuliefern, sind demnach  $R$  Routen bzw. Touren notwendig. Es gilt

$$R = \frac{\mu_{Ges}}{\mu_T}$$

Mit den bestimmten Werten können die mittlere technische Auslastung  $\rho_a$  und zeitliche Auslastung  $\rho_T$  der Züge folgendermaßen berechnet werden.

$$\rho_a = \frac{\mu_T}{a}; \quad \rho_T = \frac{t_F + t_S + \mu_T \cdot (t_H + t_B + t_E)}{T}$$

In der weiteren Planung müssen die Materialreichweiten in der Produktion und der Routenzugtakt aufeinander abgestimmt werden. Die Materialreichweiten können nach der Kanban-Formel [9, S. 126ff] festgelegt werden.

In einer anschließenden Feinplanung müssen schließlich die eigentlichen Routen bestimmt und die Bedarfe bzw. Bedarfssorte den Routen zugeordnet werden. Hierbei ist davon auszugehen, dass nicht auf allen Routen die gleiche Fahrstrecke zurückgelegt werden wird, daher sollten auf längere Routen weniger Bedarfe zugeordnet werden und umgekehrt. In der Praxis werden zur Vereinfachung oftmals zunächst die Routen festgelegt und anschließend für jede Route separat eine Taktung sowie die Anzahl einzusetzender Züge bestimmt. [4]

### **Zusammenfassung und Ausblick**

In der Automobilindustrie ist ein klarer Trend zum Einsatz von getakteten Routenzügen zur Produktionsversorgung erkennbar. Dabei ist zu beachten, dass, je größer die Bedarfsschwankungen im System sind, desto mehr Sicherheiten bei der Taktung bzw. den Beständen in der Produktion vorgesehen werden müssen. Unter Umständen führt dies zu einer geringen mittleren Auslastung der Routenzüge und daher zu einer geringen Wirtschaftlichkeit. Ein getakteter Routenzug empfiehlt sich also insbesondere bei Systemen mit geringen Bedarfsschwankungen, wie sie etwa bei der Versorgung getakteter Fließfertigungslinien vorkommen. Routenzüge führen zu einer hohen Transparenz im Versorgungsprozess. Dies hilft Abweichungen schnell zu erkennen und ggf. einzugreifen. Wenn bei der Planung bereits vorhersehbare Schwankungen berücksichtigt werden, führt dies zu einem robusten Versorgungsprozess. Bei stark schwankenden Systemen können andere Routenzugkonzepte besser geeignet sein. Diese zeichnen sich z.B. durch veränderliche Takte oder Routenführungen aus. Bei solchen Systemen liegt die Intelligenz insbesondere in der operativen Steuerung. Im Vergleich zu Konzepten die fest installierte Fördertechnik nutzen, können Routenzugkonzepte flexibel auf veränderte Fabrikstrukturen angepasst werden und sind hinsichtlich der Transportmengen skalierbar.

### **Literatur**

1. Klug, F. Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Berlin: Springer, 2010
2. n.n. Vorbild Supermarkt in Logistik Heute, Nr. 11, 2009, S. 30-31.
3. Dreher, S., Nürnberger, A., Kulus, D. Routenoptimierung in der Produktionslogistik in ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. Vol. 104, 2009 131-135.
4. Klenk, E., Galka, S., Knössl, T., Günthner, W.A. Studie zur Planung, Steuerung und technischen Gestaltung von Routenzügen. Voraussichtliches Erscheinungsdatum Mai 2012.
5. Takeda, H. Das System der Mixed Production. Landsberg: Verlag Moderne Industrie, 1996.
6. Biewirth, T. Virtuelle Logistikplanung für die Automobilindustrie - Methoden und Modelle im Rahmen der Digitalen Fabrik. Aachen: Shaker Verlag, 2004.
7. Schneider, M. Logistikplanung in der Automobilindustrie – Konzeption eines Instruments zur Unterstützung der taktischen Logistikplanung vor „Start-of-Produktion“ im Rahmen der Digitalen Fabrik. Wiesbaden: Gabler Verlag 2008.
8. Meinhard, I., Schmidt, T., Daferner, M. Einsatz von Routenzügen ohne Simulation planen in Hebezeuge und Fördermittel. Berlin: Huss-Verlag, No. 10, 2011 512-515.
9. Zäh, M., Müller, N. Dimensionierung von Kanban-Regelkreisen in Dickmann, P. [Hrsg.] Schlanker Materialfluss. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.

# СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ КОНФЛИКТАМИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ С ВЫСОКОЙ ДИНАМИКОЙ ЗАКАЗОВ

О.Л. Бухвалов<sup>1</sup>, А.С. Вылегжанин<sup>2</sup>, В.И. Городецкий<sup>1</sup>, О.В. Карсаев<sup>3</sup>, Г.И.  
Кудрявцев<sup>2</sup>, В.В. Самойлов<sup>3</sup>

*1 - СПИИРАН*

*2 - Ижевский Мотозавод "Аксион Холдинг"*

*3 - ИПР*

*oleg\_b@iias.spb.su*

В настоящее время технология управления производством регулируется стандартами таких организаций как ISA, MESA и PSLX. Базовой компонентой этих стандартов является распределение задач управления между ERP-, APS- и MES-системами, которое, в основном, ориентировано на производства с высоким уровнем надежности и автоматизации, а также со стабильным портфелем заказов. В таких производствах роль человеческого фактора минимальна. Поэтому существующие стандарты не всем подходят для производств с высокой динамикой заказов. Им трудно следовать, например, при управлении производством инструментальных цехов, где динамика заказов всегда достаточно высока. В работе предлагается новая постановка задачи управления для производства с высокой динамикой заказов и представляется опыт ее практического решения с помощью многоагентной системы стратегического планирования производства инструментального цеха крупного предприятия.

## STRATEGIC PLANNING AND CONFLICT MANAGEMENT IN MANUFACTURING SYSTEMS OF HIGH PRODUCTION DYNAMICS

<sup>1</sup>Bukhvalov O.L., <sup>1</sup>Gorodetsky V.I., <sup>3</sup>Karsaev O.V., <sup>2</sup>Kudryavtsev G.I.,  
<sup>3</sup>Samoylov V.V., <sup>2</sup>Vylegzhanin A.S.

*<sup>1</sup>St.Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS, <sup>2</sup>Izhevsk  
Motozavod "Axion Holding", <sup>3</sup>"Intelligent Platforms and Systems" (Skolkovo)  
E-mail: <sup>1</sup>{oleg\_b, gor, ok, samovl}@iias.spb.su*

At present time manufacturing control technology is regulated with standards and models developed by ISA, MESA and PSLX and like. These standards are periodically updated thus reflecting their intentions to smoothly optimize them according to the existing trends in manufacturing organizational and management issues. However these standards, in particular, the distribution of the control functions among ERP-, APS- and MES-systems, are basically oriented to the peculiarities of the reliable and highly

automated production having a stable order portfolio. In such productions, the role of the human factor is ignorable. However these standards are not well fit the needs of productions having highly dynamical workflow of orders like tool shops of big plant where the aforementioned dynamics is extremely high. The paper proposes new problem statement of and also new viewpoint on how interaction between the functions of APS- and MES-systems should be organized in order to improve performance of the productions having high dynamics and describes corresponding multi-agent production management system implemented that is practically used in a big machine-building plant.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Принципы управления крупными современными производствами, которые имеют тенденции к глобализации, а потому – и к унификации, являются предметом большого внимания международного научного сообщества и организаций, решающие функции стандартизации в этой области. В настоящее время технология управления крупным производством регулируется стандартами таких организаций как ISA, MESA, PSLX [2, 5,6,7]. Эти стандарты периодически пересматриваются, что отражает результаты их оптимизации в соответствии с новыми тенденциями в организации производств и требований к их управлению. Одна из проблем, которую призваны решать эти стандарты – это распределение задач управления по стандартным уровням управления производством, а именно, по уровнями ERP (*Enterprise Resource Planning*), APS (*Advanced Planning and Scheduling*) и MES (*Manufacturing Execution System*). Принятое для них распределение задач ориентировано, главным образом, на производство с высоким уровнем надежности и автоматизации, в котором роль человеческого фактора минимальна, и которое имеет, в основном, устойчивый портфель заказов. В них MES-система ответственна за поддержку принятия решений по *выполнению* планов и расписаний, которые формируются на уровне APS. Для производства с высокой динамикой заказов такой подход оказывается невозможным или малоэффективным. Например, инструментальный цех крупного машиностроительного производства, в штате которого числится 80–90 рабочих, должен планировать выполнение до 2000 заказов, включающих суммарно порядка 35000 операций. При этом ежедневно в производство принимается и сдается около 20-30 новых заказов, не считая срочных работ. В таком случае следовать во всем принятым стандартам достаточно сложно. По этой причине конкретные программные инструменты, разработанные в соответствии с этими стандартами, в таких приложениях использовать оказываются невозможно. И прежде всего, это касается инструментов MES-уровня, где ситуация, например, в инструментальном цехе, требует оперативной реакции на поток событий высокой частоты, а значит и частых корректировок ранее принятых решений.

В работе анализируется проблема распределения функций управления между MES- и APS- системами управления. В ней описывается новая постановка задачи использования результатов стратегического планирования на уровне MES-системы, а также приводятся краткие сведения о практической реализации предложенных принципов управления в системах с высокой динамикой заказов, а также опыт ее практической эксплуатации на большом машиностроительном предприятии. Опыт показал, что эта система способна справиться с реальной динамикой оперативного перепланирования, а на стратегическом уровне позволяет предсказывать будущие конфликты и проблемы, связанные с использованием ресурсов. Как следствие, она помогает менеджеру заранее принимать меры для предотвращения конфликтов и их влияния на показатели качества работы цеха.

## **СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ В СУЩЕСТВУЮЩИХ ERP-, APS- И MES-СИСТЕМАХ**

Современные ERP-, APS- и MES-системы решают задачи управления различных уровней. Что касается непосредственно управления производством, то эти задачи, в соответствии с современными стандартами, распределяются следующим образом:

1. ERP-системы предназначены для выполнения функций планирования производственных мощностей в стратегической перспективе.
2. APS-системы выполняют функций планирования и составления расписаний и обычно содержат модули планирования мощностей и модули детального планирования на различные временные горизонты.
3. MES-системы реализуют функций управления на уровне цехов, как правило, в интересах исполнения планов, разработанных APS-системой.

Вообще говоря, четкое разделение задач между названными классами систем отсутствует. Например, существует две модели MES систем – MES-11 и с-MES, одно из основных различий которых состоит в том, что с-MES-система делегирует функции составления расписаний какой-либо внешней системе, а система MES-11 выполняет эту задачу сама.

Целью APS-систем является управление в интересах максимизации прибыли предприятия в рыночных условиях с учетом их непредсказуемости путем оптимального планирования ресурсов [6]. Планирование имеет целью согласование имеющихся ресурсов и требований плановых заданий, выявление конфликтов между требованиями и фактическими возможностями производства и поиск путей их устранения. Составление расписаний имеет целью назначение ресурсов на имеющиеся операции и вычисление времен их начала и окончания. Иногда функции APS-системы понимаются как промежуточные между функциями ERP- и MES-систем, т.е. как функции, которые

конкретизируют и детализируют задания и планы уровня их представления в ERP-системах для конкретных подразделений [3].

Среди лидеров–производителей APS-систем можно выделить компании Preactor LLC, Ortems, а MES-систем – компании Wonderware, CSM (MES-система DIAMES) и др. Согласно стандартам PSLX консорциума, который выполняет, в частности, функции разработчика международных стандартов для APS-систем, функции последних разделены на четыре категории в соответствии с жизненным циклом производства. Эти стандарты делятся на стандарты для заказчиков, для поставщиков, для проектирования и для производства. Среди функций, относящихся к производству, особо выделены функции обработки оперативной информации о процессе производства, завершении производства, о выходе из строя отдельных ресурсов и о браке, составлении производственного расписания, графика отгрузок, функции составления и контроля расписания обслуживания оборудования, коррекции расписания в исключительных ситуациях [7]. При этом сбор оперативной информации о производстве выносится за рамки APS-системы. На практике поставщиками оперативной информации о производстве для APS-систем выступают MES-системы. Примером может служить MES-решение компании “Broner Metals Solutions” [1].

Как уже отмечалось, на рынке, однако, не существует коммерческих инструментов, которые ориентированы на создание приложений для управления производством с высокой динамикой возможных изменений.

## **УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ: ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Анализ принятого распределения задач управления сложным динамичным производством между различными уровнями управления (ERP, APS, MES), показывает, что оно не всегда оптимально. Существующее распределение ориентировано, главным образом, на предприятия со стабильным производством, в котором структура заказов устойчива, где имеется высокий уровень автоматизации, а план и расписание выполнения операций формируется APS-системой. Приведенный ранее пример производства, в котором цех одновременно должен выполнять до 2000 заказов, сильно отличается от такой модели, поэтому для него стандартная стратегия распределения функций управления не является целесообразной. Кроме этого, имеется еще ряд ограничений и правил, которые существующие системы составления расписаний учесть не в состоянии, а без их учета расписание становится неработоспособным. Приведем некоторые такие примеры.

Для каждой операции обычно определяется нормативная длительность ее исполнения. Однако различные рабочие обладают различными коэффициентами производительности по одним и тем же операциям.

Поэтому итоговая длительность выполнения операций в плане может отличаться от регламентных значений в зависимости от их распределения между рабочими. Существует множество жестких и мягких ограничений на выполнение операций, в частности, ограничений на:

- минимально допустимый разряд рабочего, выполняющего операцию;
- индивидуальные возможности и способности рабочего, который будет выполнять операцию. Примерами являются уровень точности, с которой рабочий может выполнять те или иные типы операций, качество выполнения операций с деталями тех или иных размеров и другие;
- порядок назначения однотипных операций, который предусматривает их назначение на одного и того же рабочего и другие.

Обычно для каждого заказа имеется два срока выполнения. Один из них – это срок, предусмотренный контрактом, а второй – это планируемый срок, который учитывает реальные ресурсы цеха и расписание их использования. Важно, что планирование вновь поступившего заказа выполняется на фоне уже имеющейся загрузки персонала и оборудования. Необходимо также обеспечить равномерную и полную загрузку персонала, гарантировать выполнение требований трудового законодательства, отслеживать выполнение требований по технико-экономическим показателям (ТЭП) работы цеха и предприятия в целом и т.д.

Основные критерии, которыми руководствуется начальник цеха (они же являются и критериями стратегического планирования) являются:

- заданное значение объема товарной продукции, которая должна быть произведена в течение календарного месяца: сумма нормо-часов всех операций, завершаемых в течение календарного месяца,
- заданный объем валовой продукции, произведенной в течение календарного месяца: сумма нормо-часов всех запланированных операций,
- удовлетворение заданных сроков выполнения заказов.

Аналогичные показатели устанавливаются для участков, смен и рабочих.

Имеется также и другие требования. В частности, забота о том, чтобы цех имел заказы, обеспечивающие полную загрузку персонала в текущий день, месяц, квартал, и, в конце концов, в течение всего текущего года. Имеется также ряд неопределенностей иного рода, в условиях которых управленческие решения принимаются в режиме реального времени.

Практика реального управления показывает, что в таких условиях главным инструментом управления для начальника цеха может стать *качественное прогнозирование* различных показателей, сравнение их значений с запланированной динамикой роста показателей на разных временных горизонтах. Это может быть реализовано на основе оценки текущего состояния исполнения плана и прогноза их значений на основе стратегического планирования и составления расписания выполнения

текущих и планируемых заказов с выявлением потенциальных проблем и, что еще важнее, причин их возникновения. Оценка будущей ситуации должна проводиться на разных временных срезах, и ее цель состоит в том, чтобы выявить проблемы, связанные с использованием ресурсов, которые *могут возникнуть* к концу ближайшего месяца и квартала, а также и в более далекой перспективе, вплоть до календарного года в целом. Эти потенциальные конфликты должны автоматически выявляться системой и доводиться до управляющего персонала с указанием их существа, причин, степени критичности и оценкой последствий. Более того, система управления на уровне цеха должна выдавать рекомендации по разрешению конфликтов, что может быть реализовано на основе оперативного перепланирования и составления расписания в новых условиях.

Еще раз обратим внимание, что в рассматриваемой постановке основными являются две задачи:

- *прогнозирование технико–экономических показателей* на различные временные горизонты на всех уровнях цеха до отдельного рабочего, и
- *оперативная оценка сроков исполнения* текущих и перспективных заказов (еще не принятых в производство) с учетом текущей ситуации.

И в решении этих задач должно состоять существо стратегического анализа и планирования с обратной связью на оперативный уровень. Визуальные средства отображения результатов выбора решений и их последствий должны при этом играть ведущую роль.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ**

В соответствии с рассмотренной постановкой задачи комплекс требований к системе управления производством с высокой динамикой заказов, построенной на принципах стратегического планирования и прогнозирования, формулируется следующим образом:

- время расчета стратегического плана и расписания на годовой период должно исчисляться минутами, чтобы прогнозный анализ и выявление конфликтов можно было выполнять несколько раз в сутки;
- стратегический анализ должен учитывать текущее состояние производства, т.е. фактически работать на оперативных данных;
- алгоритм стратегического анализа должен выполнять детальное планирование с учетом реальных ресурсных ограничений ;
- план должен строиться на весь горизонт времени, необходимый для выполнения всех имеющихся заказов.

Эти требования являются довольно жесткими и на первый взгляд представляются нереализуемыми. Чтобы сделать ее реализуемой на современной вычислительной базе, следует принять несколько ограничений.

Время реакции на оперативные события должно исчисляться секундами и сводиться к задаче уточнения плана производства на относительно

короткий период времени. При этом система стратегического планирования может перестраивать план, начиная с более позднего времени, предполагая, что оперативно внесенные изменения будут выполнены точно. Такое допущение предполагает, что уточнение текущих планов в пределах одного – двух дней не оказывает существенного влияния на изменение расчетных сроков выполнения заказов.

Система стратегического планирования не обязана строить оптимальный план. Достаточно построения *хорошего* допустимого плана. И практика показывает, что он всегда оказывается лучше плана, построенного вручную. Последующее перепланирование все равно приведет к отказу от прежнего плана, даже если бы он был оптимальным.

Этот подход был использован при разработке системы планирования и оперативного управления производством инструментального цеха. Она была построена на основе многоагентной архитектуры, в которой ключевыми автономными сущностями являются агенты двух типов – агенты заказов и агенты ресурсов. Они реализуют в распределенном варианте технологию эвристического планирования [4], и протокол контрактных сетей при назначении ресурсов на выполнение производственных операций [8].

Разработанная система находится в опытной эксплуатации около полугода. Оказалось, что вычислительная эффективность алгоритма полностью обеспечивает возможность его использования в реальном времени. Время расчета одного варианта плана на наиболее «тяжелых» реальных данных на процессоре Pentium Dual Core / 2,7 GHz / 3,5 RAM составляет около трех минут, что полностью обеспечивает возможность многократного перепланирования в течение одного рабочего дня. Использование этого алгоритма позволило заметно повысить производительность цеха. В частности, рассчитываемые планы показывают возможность увеличения производимых объемов валовой и товарной продукции приблизительно на 5 – 10% только лишь за счет более рационального использования ресурсов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе рассмотрена проблема управления производством с высокой динамикой заказов в реальном времени на основе концепции совместного использования принципов оперативного и стратегического планирования и составления расписаний. Кратко описан вариант ее реализации и опыт использования на Ижевском мотозаводе "Аксион Холдинг".

Результаты стратегического планирования использованы для OLAP-анализа динамики загрузки участков/смен/рабочих на большом временном горизонте. В настоящее время такая поддержка управленческой деятельности стала ежедневным неотъемлемым инструментом для руководства инструментального цеха, которое с ее помощью решает задачи прогнозирования ситуации в интересах текущего управления и

одновременного выявления узких мест в будущем. Действительно, текущий вариант стратегического плана используется как основа для быстрой оценки возможности достижения плановых значений различных технико-экономических показателей на заданном временном интервале. Например, оценки объемов валовой и товарной продукции, ожидаемые проценты плановой выработки нормо-часов рабочими или группами рабочих одной специальности, и ряд других. Контроль значений технико-экономических показателей позволяет уже на ранних стадиях выявлять возможные их отклонения от плановых значений и использовать их для принятия обоснованных решений практически в реальном времени. Например, оперативный контроль таких показателей позволяет заранее принимать решение о дополнительном наборе рабочих требуемой квалификации и обеспечить баланс персонала различной квалификации в соответствии со спецификой предстоящих заказов. Он также дает возможность обоснованно планировать регламентные работы на оборудовании, своевременно обнаруживать недогрузку персонала в связи с недостаточным объемом заказов в те или иные периоды времени и т.п.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Broner Metals Solutions Ltd, Integration of MES with Planning & Scheduling Solutions. White Paper, Watford, UK, 2004, <http://www.bronermetals.com/>
2. Panorama Consulting Group LLC, 2011 Guide to ERP Systems and Vendors. An Independent Research Report, <http://panorama-consulting.com>.
3. Kletti, J. et al, Manufacturing Execution System – MES, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007
4. Kolisch, R., Hartmann, S., “Heuristic algorithms for the resource-constrained project scheduling problem: classification and computational analysis”, Project scheduling: recent models, algorithms and applications, Kluwer Acad. Publ., Boston, 1999, pp. 147–178.
5. MESA, MESA Model Evolution. White Paper #39, 2011, <http://www.mesa.org/>
6. PSLX Engineering Specification. Guidance. Version 1.0, PSLX Consortium, 2003, <http://www.pslx.org/>
7. PSLX Engineering Specification. APS Agent Model. Version 1.0, PSLX Consortium, 2003, <http://www.pslx.org/>
8. Smith, R., The contract net protocol: high level communication and control in distributed problem solver. IEEE Transactions on Computers, 1980, 29, pp. 1104-1113.

# **ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ**

А.Г. Некрасов

*МАДИ, Москва, Россия  
tehnologicistic@mail.ru*

Представлен теоретический и практический материал по обеспечению устойчивости транспортно-логистических систем. От интеграции различных модулей зависит их автономность и развитие, связанные с обслуживанием потребителей наукоемкой продукции. Статья посвящена построению и применению нового механизма взаимодействия интегрированной логистики и управления жизненным циклом продукции (PLM).

## **LOGISTICAL MECHANISM OF INTEGRATED TRANSPORT-LOGISTICS SYSTEM'S STABILITY**

Alexey Nekrasov

*Moscow State Automobile-Road Technical University(MADI)  
E-mail: technologicistic@mail.ru*

Theoretical and practical results of the research which are connected with the formation of integrated transport-logistics system of a new age basing on interoperation of functional logistic cycle and life-cycle of the product's control were considered. Such modules as SCOR-model (strategic level), process of the life-cycle of integrated transport-logistics system, functional logistic cycle, integrated logistic support of the products and the process of quality management are united in the offered system of stability assurance. Management of the logistic recourse' structure basing on the incidents allows to adjust the system to the international standard requirements based on the risk management and quality of the opened technical vocabulary.

### **1. ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ**

Современный подход к управлению жизненным циклом сложных систем выдвинул новые требования к процессу обеспечения устойчивости транспортно-логистических систем (ТЛС). Скоординированное взаимодействие в рамках интегрированной системы «транспорт-машиностроение» является одной из актуальных проблем по

формированию целостного организационно-технического механизма. Сложная наукоемкая продукция требует не только логистического сопровождения на всех этапах жизненного цикла, но и транспортно-логистического обслуживания потребителей на принципах безопасности и устойчивости.

*Интегрированная транспортно-логистическая система* (ИТЛС) – целостная система, которая на основе интеграции инфраструктуры, звеньев цепи поставок и *интегрированной логистической поддержки* изделий (ИЛП) обеспечивает устойчивое обслуживание потребителей на протяжении всего жизненного цикла. Создание ИТЛС направлено на достижение следующих целей:

- обеспечение интеграции России в мировую индустрию поставок, транспортировки и послепродажного обслуживания НП с учетом требований международных и национальных стандартов и новой методологии риск-менеджмента;
- комплексное обеспечение безопасности и снижение риска возникновения инцидентов по устойчивому обслуживанию потребителей на основе взаимодействия стандартных модулей;
- повышение уровня интеграции участников ИТЛС с использованием требований к качеству данных и автоматизации поставки качественных данных в цепи поставок на основе открытого технического словаря eOTD.

В рамках интегрированного подхода с единых позиций решается весь спектр задач безопасности и устойчивости обслуживания потребителей на основе построения организационно-технического механизма на различных этапах ЖЦ ИТЛС[1][2][3][6][7]. Проблеме отказоустойчивости транспортных сетей, моделирования и оценки надежности транспортных сетей, а также экономическим аспектам надежности уделяются большое внимание и со стороны исследователей США[9].

Для эффективной реализации производственных, эксплуатационных и сервисных функций в рассматриваемых системах необходимо создание соответствующих информационных систем (ИС). Указанные системы предназначены для своевременного предоставления актуальной, достоверной, точной и полной информации и данных о спросе на услуги, о текущем состоянии ИТЛС и о состоянии поставок НП потребителям с целью синхронизации использования ресурсов и принимаемых организационно-технических решений.

Создание организационно-технического механизма устойчивости ИТЛС позволяет увязать проблемы эффективного функционирования отдельных процессов, послепродажного обслуживания продукции, использования ресурсов в рамках функционального логистического цикла со средой системной инженерии и стратегией на основе требований к качеству данных и их передаче.

## 2. СТРУКТУРА И ПОДСИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УСТОЙЧИВОСТИ

Для обеспечения конкурентоспособности ИТЛС осуществляется перенос центра тяжести от управления чисто техническими процессами - к созданию устойчивой организационно-технической системы обслуживания конечных потребителей. В качестве широкомасштабного объекта внедрения была выбрана сфера транспортно-логистического обслуживания и ИЛП морских судов, центра каталогизации НП, крупного авиатранспортного терминала.

Излагаемый подход синтезирует классическую теорию устойчивости (по А.И. Ляпунову, 1892г.) с теорией безопасности цепей поставок и расширяющегося логистического взаимодействия[1][3][5]. Организационно-техническая устойчивость рассматривается как возможность адаптации системы относительно структуры логистических ресурсов. Организационно-технический механизм осуществляет как привлечение ресурсов потенциальных участников цепи поставок (*стейкхолдеров*), так и их обмен (в т.ч. *перераспределение*) для реализации целей управления. В этом случае требования к параметрам функционирования пересматриваются на основе принятия компромиссных решений исходя из требований заинтересованных участников. Система мониторинга рисков препятствует возникновению инцидентов и потерь.

Подход *расширяющегося логистического взаимодействия* в сфере транспортного обслуживания и ИЛП базируется на *критериях и показателях безопасности и устойчивости*, а также на оригинальном подходе, позволяющим синтезировать различные, ранее самостоятельные модули для повышения результативности материальных, финансовых и информационных ресурсов и достижения контрактных целей на протяжении всего жизненного цикла продукции (рис 1).

В настоящее время организации должны проактивно повышать устойчивость и надежность ИТЛС по отношению к различным угрозам. Вместе с тем, вопросы операционных и технологических угроз и сопровождающих их отказов (сбоев) в производственных и транспортно-логистических процессах практически не рассматриваются. Управление рисками в реальном секторе отчасти развивается в самостоятельно существующих направлениях: промышленной и экологической безопасности, теории надежности и других инженерных дисциплинах.

В качестве универсального механизма предложена следующая организационно-техническая модель, состоящая из пяти взаимосвязанных модулей (см. рис. 2):

- модуль стандартных процессов, ориентированных на систему менеджмента качества, организационно поддерживаемых стандартами серии ИСО 9000;
  - модуль интегрированной логистической поддержки продукции, объединяющий процессы анализа логистической поддержки, технического обслуживания и ремонта, материально-технического обеспечения, электронной эксплуатационной документации на изделия;
  - модуль управления функциональным логистическим циклом, который интегрирует ресурсы в рамках логистического цикла снабжения, материально-технического обеспечения производства и физического распределения;
  - модуль управления процессами жизненного цикла всей системы, обеспечивающего адаптацию на основе методов системной инженерии и открытой кодировки продукции;
- стратегический модуль SCOR-модели (процессы планирования, сорсинга, производства, обслуживания и возвратных потоков).

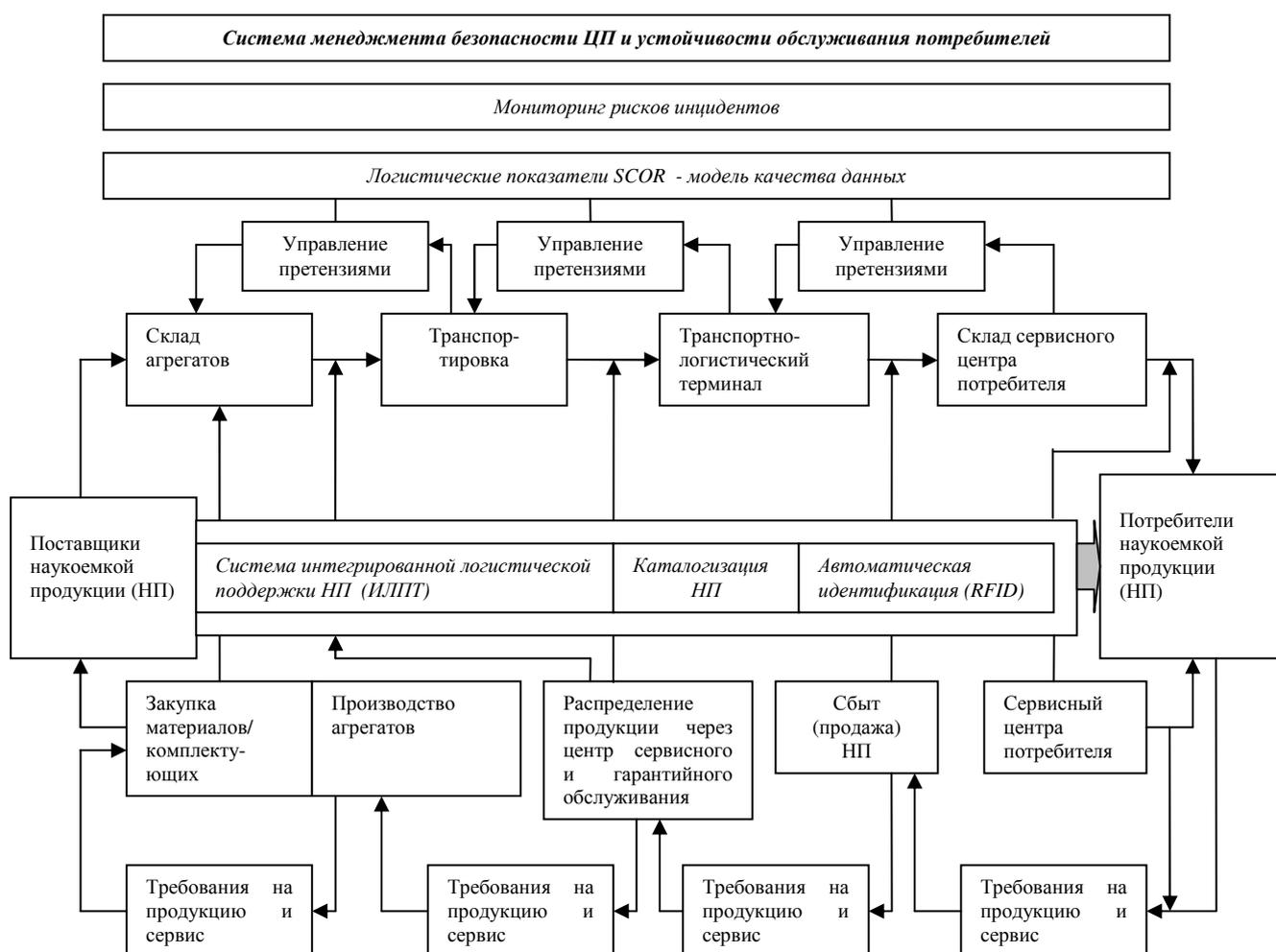


Рис.1. Принципиальная модель ИТЛС нового поколения

Исходя из глобальной цели транспортной политики, сформулированной в Транспортной стратегии РФ до 2030 года, актуальной проблемой является внедрение инноваций по обеспечению устойчивого и безопасного функционирования транспорта на этапе послепродажного обслуживания наукоемкой продукции. Наиболее узким местом системы поставок является интеграция процесса материально-технического обеспечения производства и ИЛП с транспортировкой на основе совместимых логистических технологий, электронного документооборота в рамках единого информационного пространства. Исходя из специфики функционирования различных видов транспорта, следует, что тенденцией является создание совместимых организационно-технических решений. Транспортные системы функционируют в рамках более крупных систем и поэтому являются открытыми системами. В открытых системах одно и то же конечное состояние может быть достигнуто при различных начальных условиях благодаря взаимодействию с внешней средой.



Рис. 2 Организационно-технический механизм обеспечения устойчивости ИТЛС

Исходя из современных требований международных и национальных стандартов под *устойчивостью (resilience)* в статье понимается способность организации *противостоять воздействию инцидента*. [8] *Инцидент (incident)* предполагает возникновение ситуации, которая может произойти и привести к нарушению деятельности организации, разрушениям, потерям, чрезвычайным ситуациям или кризису в бизнесе. В качестве синонимов термина *устойчивость* используются термины «менеджмент непрерывности бизнеса», «управление бесперебойностью работы». Выбор терминологии и организационно-технического механизма в значительной степени будет зависеть от потребности организации и требований участников цепи поставок.

Для обеспечения устойчивости на каждом этапе и уровне цепи поставок ИСО разработал новый стандарт ISO 28002: 2011 «Системы менеджмента безопасности цепи поставок. Обеспечение устойчивости в цепи поставок. Требования и руководство по применению» [10]. Стандарт ISO 28002 предлагает полную и систематическую процедуру предупреждения сбоев, защиты, реагирования, непрерывности операций и восстановления. Общие критерии применяются для мониторинга, обзора, поддержания и повышения устойчивости организации к внешним воздействиям для планирования, осуществления и принятия решений во время и после инцидентов в цепи поставок. Формирование единых методологических и организационно-технических требований становится неотъемлемой частью участия ИТЛС в системе ВТО.

ИТЛС – это взаимодействующие на принципах сотрудничества, саморегулирования участники процесса производства, послепродажного обслуживания и транспортировки с едиными ресурсами, обеспечивающие устойчивое и безопасное взаимодействие всех участников на базе применения распределенной вычислительной сети и общих стандартов. Такая система обладает способностью к адаптации в постоянно меняющейся внешней среде и созданию кооперированного экономического результата большей ценности, чем ценность отдельного результата функционирования модуля, даже функционального логистического цикла (см. рис.2).

ИТЛС должна интегрировать базовые бизнес-процессы, связанные с удовлетворением запросов потребителей НП. Эти требования касаются сроков и полноты выполнения заказов, удобств их размещения, доступности запасов, частоты поставок, их надежности, качества используемых данных, порядка предъявления претензий, технической и технологической поддержки бизнес-процессов. Логика анализа процессов управления предполагает оценку устойчивости и экономичности модели в системе «проектирование– производство– сервис– транспортировка /складская обработка–эксплуатация НП– дополнительные сервисные услуги».

Транспортная отрасль - это сложная система, которая в настоящее время перевозит свыше 20 млн. различных названий типоразмеров грузов. В результате экономических преобразований в стране функционировали 532 тыс. субъектов хозяйствования. Каждое грузовое предприятие обслуживает 50-60 клиентов различных отраслей. Таким образом, основной концепцией интегрированного подхода к организации перевозочного процесса грузов является достижение одновременного функционирования отдельных, но взаимосвязанных модулей, обеспечивающих более высокую эффективность ресурсов, чем суммарная эффективность частей, взятых в отдельности.

Цель при описании различных видов деятельности – собрать необходимую информацию о существующих приемах и показателях. Осуществляется анализ таких элементов, как описание процедур, затрат, используемой инфраструктуры (склады, транспорт и др.), оценочных показателей, перевозимых грузов. Взаимодействие участников ИТЛС наглядно демонстрируют преимущества интегрированного подхода через использование электронных средств управления не только транспортно-складскими технологиями, ИЛП и каталогизацией НП, но и использованием виртуальной среды открытого технического словаря eOTD по передаче качественных данных (рис.3).

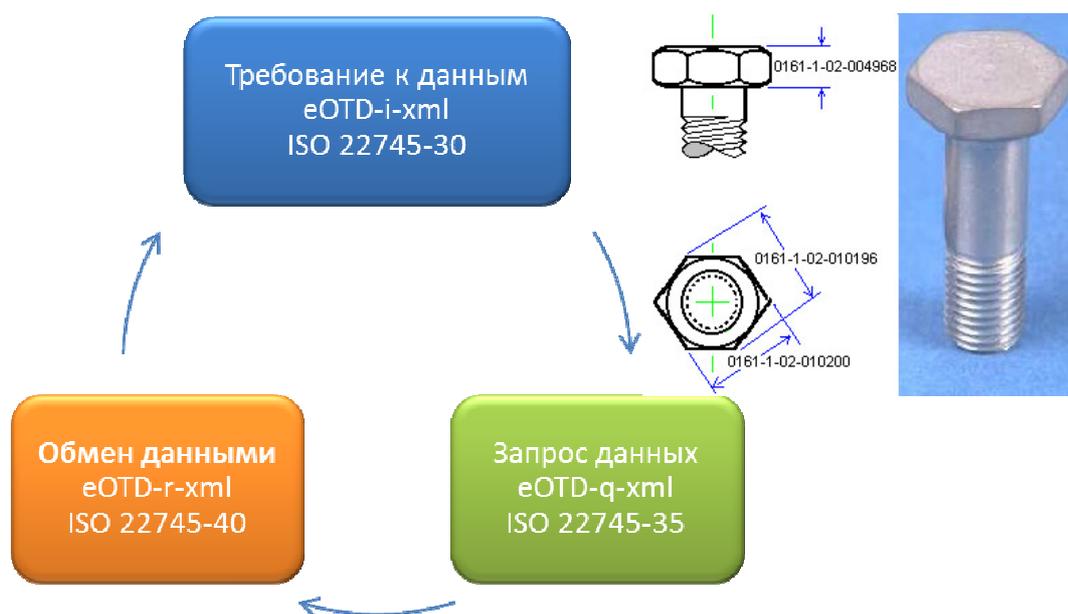


Рис.3. Представление автоматизации поставки данных в виртуальной цепи поставок в формате eOTD.

### 3. НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Результатом статьи является определение структуры и требований к формированию организационно-технического механизма системы, классификации модулей, обеспечивающих интегрированный подход к

устойчивому функционированию ИТЛС. Предложен подход по взаимодействию традиционной логистической системы и управления жизненным циклом продукции в единой информационной среде.

Основным результатом явилось создание и начало внедрения *интегрированной транспортно-логистической системы нового поколения (ИТЛС)*. Система этого поколения объединяет подсистемы транспортно-логистического обслуживания, интегрированной логистической поддержки (ИЛП) изделий и др. на основе инструментов качества данных и управления инцидентами.

Главное достоинство разработанного метода состоит в том, что решение всех перечисленных задач управления структурой ресурсов ИТЛС осуществляется на *единой методологической и методической основе*, базирующейся на комбинированном использовании новых научных и практических результатах, полученных в современной теории управления, искусственном интеллекте и общей теории систем.

Рассмотренная методология и конкретные методики нашли свое практическое применение при оценивании различных стратегий развития транспортно-логистической инфраструктуры ОАО «Концерн НПО «Аврора», Центра каталогизации ОАО «Рособоронэкспорт», ОАО Внуково Карго для совершенствования системы обслуживания потребителей, а также в практике работы компаний ОАО «В/О «Авиаэкспорт», ООО «Силтэк», ООО «ИнтеГПрог».

Практическая значимость заключается в выработке требований к формированию организационно-технического механизма и процессам управления обслуживанием в ИТЛС, которые позволяют организации:

- объединить системы интегрированной логистики и управления жизненным циклом продукции на основе единых организационно-технических модулей (стандарты-техническая поддержка);
- обеспечить повышение вероятности выполнения требований потребителей к транспортно-логистическому обслуживанию на основе управления инцидентами;
- определить место стандартов ИСО 8000 и ИСО 22745 по качеству данных и обмену качественными данными в виртуальных цепях поставок;
- уточнить роль риск-менеджмента в управлении устойчивостью ИТЛС на основе менеджмента непрерывности бизнеса.

#### **4. ЛИТЕРАТУРА**

1. Инженерная логистика: логистически-ориентированное управление жизненным циклом продукции. Учебник для вузов./ Под ред. Л.Б. Миротина и И.Н. Омельченко.- М.: Горячая линия – Телеком, 2011- (Серия «Инженерная логистика»).

2. Миротин Л.Б., Карташев А.В., Некрасов А.Г., Соколов Б.В. Логистическая система обслуживания потребителей нового поколения: интеграция, безопасность и устойчивость.- Логистика, № 4, 2011.
3. Некрасов А.Г. Основы менеджмента безопасности цепей поставок: учебное пособие. – МАДИ.-М.: 2011.
4. Некрасов А.Г., Атаев К.И., Некрасова М.А. Управление процессами безопасности и риска в цепях поставок: учебно-методическое пособие.- М.: Техполиграфцентр, 2011.
5. Самосудов М.В. Механизмы управления системной устойчивостью компании. – Современная конкуренция, № 4, 2008.
6. Соколов Б.В., Миротин Л.Б., Некрасов А.Г. Разработка и реализация методологии и методик совместного многокритериального синтеза и адаптивного управления созданием, применением и развитием функционально-устойчивых интегрированных транспортно-логистических и информационных систем нового поколения. – Вестник транспорта, № 6, 2011
7. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах. Монография /Некрасов А.Г., Миротин Л.Б., Гудков В.А. и др. Под ред. Л.Б. Миротина. - М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – с. 152-202 (Серия «Инженерная логистика»).
8. ГОСТ Р 53647.2-2009. Менеджмент непрерывности бизнеса. Часть 2. Требования. – М.: Стандартиформ, 2010
9. <http://www.instr.org/>«4th International Symposium on Transportation Network Reliability».)
10. <http://www.iso.org>

# CONSIDERUNG INTERNAL AND EXTERNAL RISKS IN INTERNATIONAL SUPPLY CHAINS

**Richard Lackes, Markus Siepermann, Muhammad Khushnood**

*Technische Universität Dortmund*

*E-Mail: richard.lackes@tu-dortmund.de; markus.siepermann@tu-dortmund.de*

In this paper, international supply chains with partners in developing countries are discussed and analysed. The risk situation of such supply chains is a special one. Disruptions are more hazardous, sometimes cost extra payments and take more time than in the old industrial nations. We are developing an optimisation model for the development of suppliers and transportation capacities that considers such risks and discuss other long- and short-term decisions that are inherent to international supply chains with partners of developing countries.

## **1. RISK IN SUPPLY CHAINS**

### **1.1. Basic Risk Principles**

The usual meaning of risk represents a venture, a danger or the possibility of a loss, as well as the possibility that a negative occurrence of some sort will occur [15]. The exclusive focus on risk as a purely negative factor is defined in the literature as the term of pure risk, or as risk in the narrow sense [14]. The risk manifests itself – in the case of occurrence – as property loss, loss of profits, etc. Risk is mainly the uncertainty of what will occur in the future. For the quantitative determination of risks, the possible developments are set in relation to a reference value. Almost all recent scientific publications define risk as the possibility that, due to uncertainty about future events, the realized value and the plan size differ negatively. Analogous to that, the positive deviation is called a chance [2][14][18]. The value of a risk, then, is the potential difference between the realized and the target value.

Risks are triggered, on the one hand, by risk events such as natural events (storms, severe weather, strikes, congestion, etc.). On the other hand, there are correlations between the specific business factors, such that the difference of one factor implies a ratio variation in other key figures. Thus, between risks there exists a complex cause-effect network [5][6]. These connections are not necessarily visible at the same time; they can also occur with a time delay. Risk-cause-effect chains are, however, generally non-linear, meaning that a risk only occurs when a particular environmental condition exists. The correlations between risks can therefore be arbitrarily complex. The interrelationships between the risks must be neither linear nor deterministic, but may also be subject to a probability distribution. From a business point of view, risks can affect the four factors time, quantity, quality and costs/price [8]. In many cases these factors are also interrelated (see Figure 1).

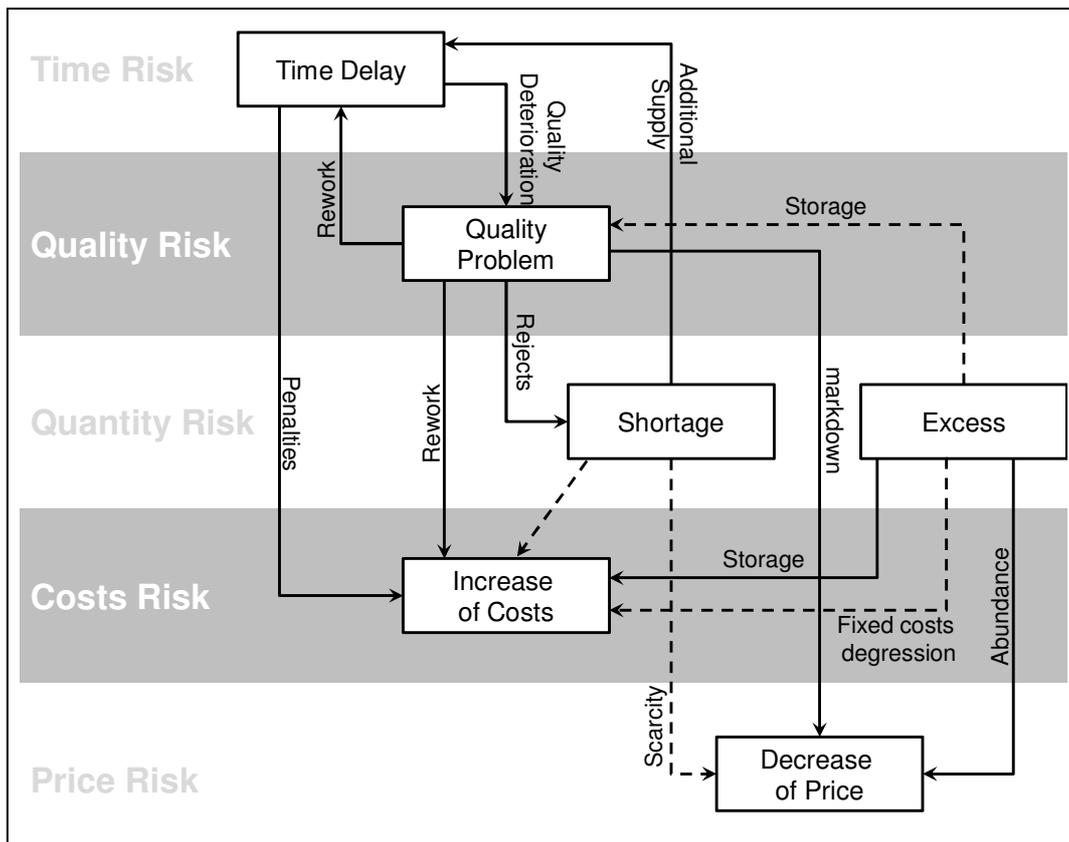


Figure 1: Risk Cause-Effect-Network

## 1.2. Risk Situation of International Supply Chains

Today, nearly every enterprise is part of an international supply chain be it as a supplier or as a customer requiring highly coordinated flows of goods, services, information and cash within and across national boundaries [9]. Even when acting in single markets or regions enterprises are facing many risks and problems. But the more markets, regions or countries are included the more unclear the risk situation becomes [19]. Especially when enterprises of developing countries are part of a supply chain another standard has to be applied than those of the old industrial nations. Due to different influences like the political situation, cultural and economic circumstances or environmental hazards many more or less unpredictable disruptions may occur that lead to problems within the supply chain [12].

In the following, we will characterise the risk situation of international supply chains. For this, as a practical example, we will have a look at Pakistan and its well known cotton and garments production. Many enterprises there produce garments for the European and North American market [1]. The production of an enterprise is make-to-order because of the customer's requirements for the type and color of the fabric, design of the garment including type, model and sizes. The quality of locally produced fabric, dyeing material and processes and lower prices make it competitive in the international market. The raw fabric is procured from the weaving mills in Pakistan. The packing material, accessories

and labels are procured from within the local market as well as from international markets. The dyeing usually is done separately. Cutting, stitching, fastening, threading and ironing are done together in one enterprise. The finished goods then are packed and shipped to the customers (see Figure 2).

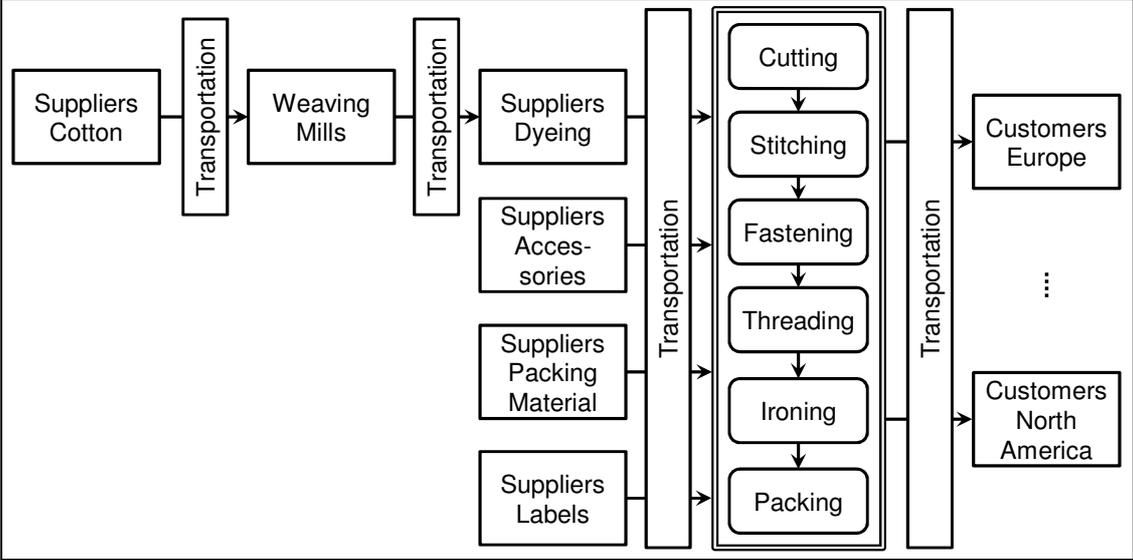


Figure 2: Supply Chain Structure

In general, disruptions and therefore the processes in total may take much longer than in industrial nations [7]. For example, due to the infrastructure electricity problems occur more often and in some cases they do not last only for a few minutes but often for hours and sometimes days. That means that we can distinguish two cases: Frequent short failures but also quite often occurring longer lasting failures. For this, the typical density function of risks differs from the well known Gaussian distribution. Because of the higher possibility of long lasting risks the density function of risks has a second peak for longer durations (see Figure 3).

Concerning the special risks of international supply chains, production and transportation takes place in uncertain and often not standardised situations. Thus, the environmental, political, social and infrastructural situation plays an important role.

- Severe weather or natural disasters may lead to insufficient availability (quality and quantity) of raw or material, preliminary products and may also influence the production and transportation.
- The political situation may influence the trading between countries or the production of products. Strike and riots for example lead to downtimes of production and transportation problems. Also corruption and problems with the government often are severe problems. The social situation and with this the cultural behaviour are completely different in parts to those of industrial nations.

- Many employees underlie social obligations or are bound by part time farming so that they are suddenly missing for the production. Local or religious festivities have a similar effect.
- The infrastructure of developing countries usually faces problems of stability and availability. Gas or oil often are not available so that longer disruptions of power supply occur. Additionally, technical problems and old technology regularly lead to disturbances.

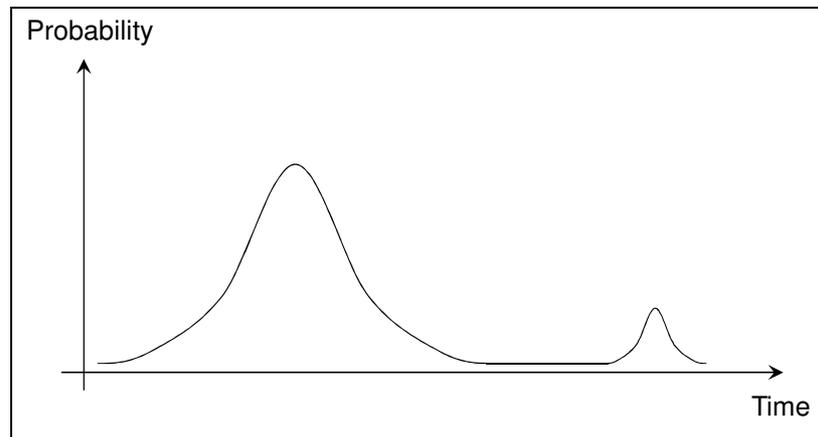


Figure 3: Typical density function in International Supply Chains

On the procurement side, the main risk is not getting the needed quantity of goods with the desired quality at the planned costs in time [20]. Due to natural disasters the availability of cotton often is impaired. Political unrest for example may result in closure of weaving mills for a day or more. Depending on the season (especially in winter), the production of the weaving mills is affected and reduced by disturbances of the gas supply. Also the other political and social problems mentioned above affect the production continuity and capacity as well as energy shortages and machine breakdowns so that there is not enough fabric produced. In this case the local Pakistani customers are of lower priority for the supply in comparison to the international market where higher prices are possible. Then, it is difficult to buy the needed quantity of fabric or to get it at the planned procurement price. In addition, many weaving mills are changing their location to neighbor countries so that transportation takes more time and costs are rising [11].

Concerning the production, the main problem lies in the availability of skilled workers. Because of the competitive environment, workers are changing their employment from one day to another. The number of skilled workers is limited so that less skilled workers whose productivity is much less have to be employed. Additionally, the general risks also hold for the production. Political, social, structural and environmental risks affect the garments production itself in the same way like the production of raw material and preliminary products.

The distribution side is also affected by the above mentioned general risks, i.e. riots, strike, severe weather, corruption, theft etc. The main risk consists of the

danger that the goods cannot be delivered in time to seaport so that big delays in delivery time occur. This usually implies penalties and shortfall costs. In the special case of garments, a delay does not cause a deterioration of quality but the longer the transportation lasts, the more the probability of loss of products rises due to theft, corruption etc.

In many cases, the risks that we described above can be avoided or reduced by applying risk measures like adding capacities, inventory, multiple suppliers but also the continuous care of relationships to the government [3].

## 2. LONG-TERM DECISION MAKING IN GLOBAL SUPPLY CHAINS

### 2.1. Supply markets decision

The long-term side concerns the supply chain structure in principle [10]. First of all, this concerns the international procurement markets of an enterprise. That means which markets and within these markets which suppliers should be integrated in a global supply chain. In order to gain a stable supply of goods with the desired quality an enterprise has to invest into its suppliers with knowledge transfer, trainings and assistance with machines and technology. Thus, a planning horizon of 5 to 10 years should be taken into account. Deciding about the structure of a global supply chain, we have to calculate the economic effect of integrating new international suppliers. This includes the cost saving cash items, the higher transportation costs and possible costs for quality.

Especially in international markets, there are a lot of risks concerning delivery time, costs and quantity influencing the economic effects. Therefore, we have to consider the uncertain implications in our decision calculus. In the following, we analyse this situation, using a simple supply chain model with one enterprise that has the choice to cooperate with international instead of local suppliers. Let us suppose the following assumptions:

1. An enterprise has one preliminary product  $V$ , that was procured on the local market for the price  $\bar{q}_t$ .
2. The demand of  $V$  for the planning horizon  $t=1, \dots, T$  is estimated with  $B_t$  ( $t=1, \dots, T$ ) and the price development of the local market with  $\bar{q}_t$  ( $t=1, \dots, T$ ).
3. There are  $m=1, \dots, M$  potential competing markets.
4. For each market  $m=1, \dots, M$  the procurement prices including material, manufacturing and transport costs are  $q_{mt}$  ( $t=1, \dots, T$ ) per unit.
5. Because of quality problems (degradation, rework etc.) costs for quality assurance  $k_{qmt}$  ( $m=1, \dots, M; t=1, \dots, T$ ) per unit may arise.
6. Because of transportation delays shortfall costs (e.g. penalties)  $k_{fmt}$  ( $m=1, \dots, M; t=1, \dots, T$ ) per unit may occur that cannot be passed on to the supplier. The percentage of delayed products shall be  $\alpha_m$ .
7. Depending on the economic circumstances and the political situation we are facing an investment  $A_{m0}$  ( $m=1, \dots, M$ ) at the beginning ( $t=0$ ) of the planning

horizon. In addition, cash items  $A_{mt}$  ( $m=1,\dots,M$ ;  $t=1,\dots,T$ ) for control and assistance have to be taken into account.

Then, the savings net present value of each market  $NV_{m0}$  ( $m=1,\dots,M$ ) can be calculated as follows:

$$NV_{m0} = -A_{m0} + \sum_{t=1}^T \left( B_t (\bar{q}_t - q_{mt} - k_{Qmt} - \alpha_m \cdot k_{Fmt}) - A_{mt} \right) \cdot \frac{1}{(1+i)^t}$$

We have to choose the market/supplier  $m$  with the highest net present value  $NV_{m0}$  if it is greater than zero. If all  $NV_{m0}$  ( $m=1,\dots,M$ ) are lower than zero the local market is the best alternative.

Usually, the parameters of this model are stochastic and not deterministic. Especially the procurement prices  $q_{mt}$ , the quality costs  $k_{Qmt}$  and the shortage costs  $k_{Fmt}$  are depending on the stochastic shortfall ratio  $\alpha_m$  and the assistance costs  $A_{mt}$  are not deterministically known in advance. Also the demand of preliminary products  $B_t$  usually is not certain. As a consequence of this, we get a probability function of the net present value for each possible procurement market (see Figure 4).

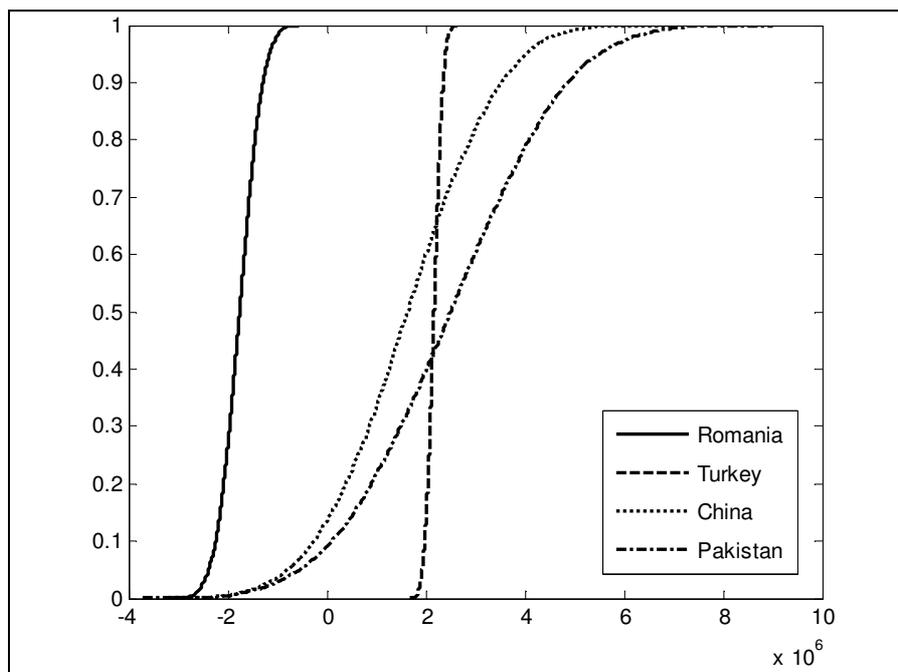


Figure 4: Distribution Functions of the Net Present Value

The decision maker of the supply chain has to decide on the base of these stochastic data. Whereas, he recognises especially the expected value and the standard deviation of the net present of each market. Depending on his risk affinity, suitable solution methods can be used.[13]. The decision making shall be illustrated by the following example with four procurement markets. We considered different investment funds, standards of costs and quality. We get the distribution functions of the net present value shown in Figure 4 because of the stochastic costs situation and development. The alternative Romania is dominated and

therefore can be excluded from further consideration. Out of the remaining alternatives, the decision maker has to choose the alternative that complies with his risk preference. For this, the weighting between the expectation value and the variance is crucial. A risk adverse decision maker will tend to choose Turkey, a risk taker will choose Pakistan.

**2.2. Transportation capacities decision**

Once, the decision about the procurement markets is made the transportation capacities have to be considered, i.e. which means of transportation and which capacities [17]. Short-term decisions about the means of transportation and transportation routes can only use those capacities that the enterprise during the long-term decision making has decided to support. For example, own trucks can only be used when the enterprise already made an investment in its own vehicle fleet. Thus, for each chosen market or supplier all transportation opportunities and additional measures concerning the haulage have to be taken into account. Especially in developing countries, it is important to be able to use several opportunities and to know special key persons in government and administration.

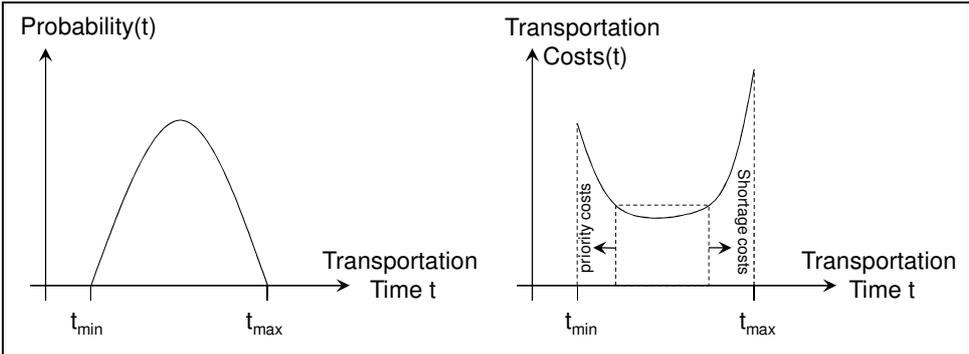


Figure 5: Time and Cost-Profile of Transportation Methods considering risky data

Each transportation method has its own profile concerning the duration of transportation and its costs (see Figure 5). This profile starts with the minimal transportation time and ends with a time maximum. After this time, the freight mostly is lost. Within this interval we are facing a probability distribution about the expected transportation time. Concerning the costs, transportation in minimal time usually costs more than within the expected time due to express delivery surcharges or priority handling fees for example. Then, the costs decrease. Due to penalties when products are not available in time the transportation costs then slowly increase again up to out-of-stock costs when the complete cargo is lost. Combining these two separate profiles, we get one single cost-density function for each transportation method that helps to build up needed capacities of transportation methods for each procurement market.

### 3. SHORT-TERM DECISION MAKING IN GLOBAL SUPPLY CHAINS

#### 3.1. Decision making concerning production

The main problem of production is being not able to deliver the produced goods in due time. While the production can continuously be monitored concerning the produced quantity and the remaining time possible delays in production can easily be discovered. Given several orders with already negotiated delivery dates an enterprise has several risk measures by hand in order to avoid penalties because of delays: (1) Safety stock, (2) over production, (3) intensity adjustment of production, (4) overtime production and (5) subcontracting.

A safety stock is only possible when producing make-to-stock. In the case of the Pakistani garments production, this is not an alternative because of the make-to-order production. Instead of using a safety stock, it is possible to plan with over production in advance so that possible (later) disruptions do not lead to severe time problems. If this risk measure is not only used for production risks but also for transportation risks the disadvantage is obvious: If no risk occurs the enterprise has produced too many products that cannot be sold or that can only be sold at a lower price. When facing time problems the enterprise can switch to an intensity adjustment of production, overtime production or sub contracting. The first measure is also not possible in the garments production because the stitching is handmade so that no machine intensity can be adjusted. The latter two measures lead to higher production costs and a possible lower quality. [16]

Thus, for the decision about what method to use at which point in time the following conditions shall hold:

1. The enterprise has to produce a quantity of B for the considered order.
2. The planning horizon is  $t=1, \dots, T$  (e.g. weeks).
3. The capacity  $C_v$  of each method  $v=1, \dots, V$  is limited due to technical reasons.
4. There are stochastic breakdowns measured by the stochastic variable  $\delta_{vt}$  ( $v=1, \dots, V$ ;  $t=1, \dots, T$ ). The value of  $\delta_{vt}$  lies between 0 and 1. Its density function shall be known or estimated.
5. The usage of the capacity  $c_v$  ( $v=1, \dots, V$ ) is deterministic.
6. The manufacturing costs per unit  $k_v$  are known and differ from method to method.

If the decision variables  $x_{vt}$  ( $v=1, \dots, V$ ;  $t=1, \dots, T$ ) indicate how many units of the order shall be produced with method  $v$  in period  $t$  the following objective function has to be minimised:

$$(Z) \quad \min \sum_{t=1}^T \sum_{v=1}^V x_{vt} \cdot k_v$$

subject to

$$(1) \quad \sum_{t=1}^T \sum_{v=1}^V x_{vt} \geq B \quad \text{The order has to be fulfilled.}$$

$$(2) \quad c_v \cdot x_{vt} \leq C_{vt} \cdot (1 - \delta_{vt}) \quad (v=1, \dots, V; t=1, \dots, T)$$

Additionally, in real situations shortages  $F$  ( $F = B - \text{production quantity}$ ) can arise that imply penalty payments  $k_F$  per unit. For this, the objective function has to be adapted:

$$(Z') \quad \min \sum_{t=1}^T \sum_{v=1}^V x_{vt} \cdot k_{vt} + F \cdot k_F$$

subject to

$$(1') \quad \sum_{t=1}^T \sum_{v=1}^V x_{vt} + F = B$$

This decision model can be used in a revolving way. After one period we know the actual residual quantity  $B$  that substitutes the former  $B$  in the model.

### 3.2. Decision making concerning transportation

The short-term transportation decision deals with the use of the capacities that are built with the help of the long-term decisions of the previous chapter in order to avoid risks. If we have a look at the general transportation process (see Figure 6) we discover different places where risks occur and where risk measures may take place due to the risk measures capacities an enterprise has built up before.

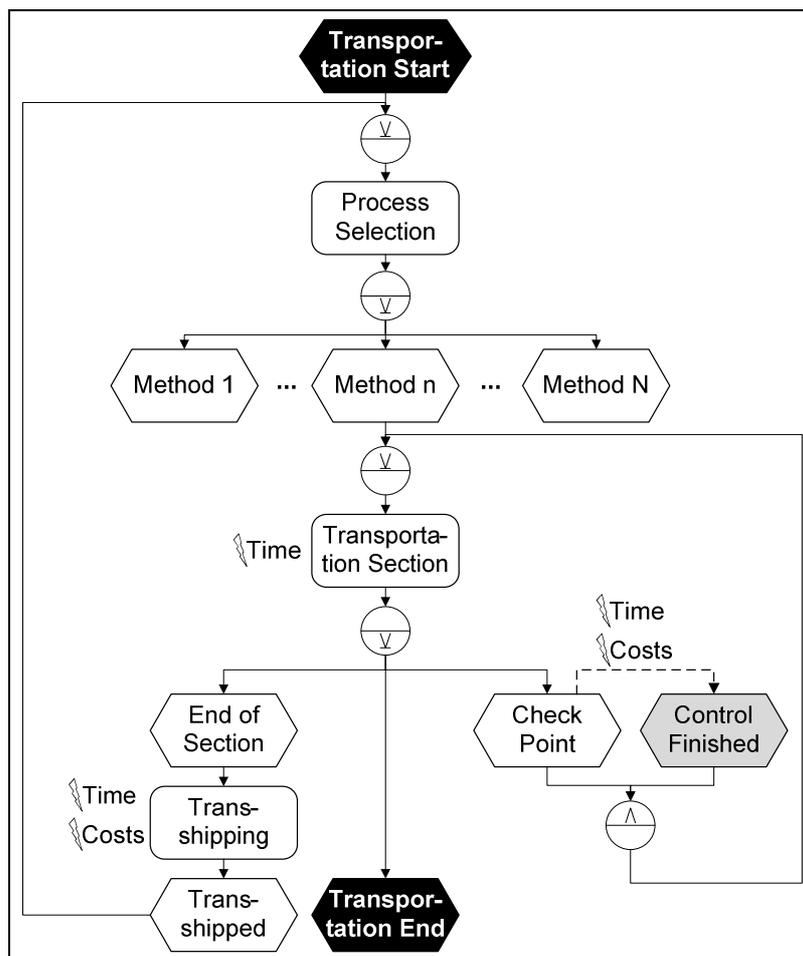


Figure 6: General Transportation Process

The transportation process itself starts with the selection of the means of transportation and the transportation routes. For this purpose, an enterprise has different possibilities. It can choose only one method or several methods in order to diversify the transportation risk. The transportation can be subdivided into different sections. For each section, only one mean of transportation and route is used. On each section different risks can occur so that the haulage may suffer from delays and goods from degradation and loss. A transportation section itself can be subdivided into different check points like borderlines where the transportation stops for a while [4]. The control at these check points may lead to delay and extra costs (e.g. costs for priority handling) that often cannot be predicted. At the end of a transportation section the transportation process itself is finished or the next section takes place. In the latter case the goods have to be transshipped. Depending on the capacities available at this point transshipping also leads to delays and possible extra costs.

#### 4. REFERENCES

1. Aziz, M. (2002). Readymade Garment Industry. In: *Economic Review*, Vol. 33, Issue 3, p. 27-30.
2. Bitz, H. (2000). *Risikomanagement nach KonTraG*. Stuttgart.
3. Chopra, S. & Sodh, M. S. (2004). Managing Risk To Avoid Supply-Chain Breakdown. In: *MIT Sloan Management Review*.
4. Colicchia, C.; Dallari, F. & Melacinib, M. (2010). Increasing supply chain resilience in a global sourcing context. In: *Production Planning & Control*, Vol. 21, Issue 7, pp. 680-694.
5. Heise, D. R. (1975). *Causal Analysis*. New York, London.
6. Hodapp, V. (1984). *Analyse linearer Kausalmodelle*. Bern, Stuttgart.
7. Kleindorfer, P. R. & Saad, G. H. (2005). Managing Disruption Risks in Supply Chains. In: *Production and Operations Management*, Vol. 14, Issue 1, pp. 53-68.
8. Lockamy, A. & McCormack, K. (2010). Analyzing risks in supply networks to facilitate outsourcing decisions. In: *International Journal of Production Research*, Vol. 48, Issue 2, pp. 593-611.
9. Manuj, I. & Mentzer, J. T. (2008). Global Supply Chain Risk Management. In: *Journal of Business Logistics*, Vol. 29, Issue 1, p. 133-155.
10. Meixell, M. J. & Gargeya, V. B. (2005). Global supply chain design: A literature review and critique. In: *Transportation Research Part E* 41, pp. 531-550.
11. N.N. (2011). CNG Crises in Pakistan. In: *Economic Review*, Vol. 42, Issue 7/8, pp. 16-17.
12. Oke, A. & Gopalakrishnan, M. (2009). Managing Disruptions in Supply Chain: A case study of Retail supply chain. In: *International Journal of Production Economics*, Vol. 118, Issue 1, pp. 168-174.
13. Poças, M.F.; Oliveira, J.C.; Brandsch, R. & Hogg, T. (2010). Feasibility Study on the Use of Probabilistic Migration Modeling in Support of Exposure Assessment from Food Contact Materials. In: *Risk Analysis*, Vol. 30, Issue 7, pp. 1052-1061.
14. Rücker, U.-C. (1999). *Finanzierung von Umweltrisiken im Rahmen eines systematischen Risikomanagements*. Sternenfels.
15. Siepermann, M. (2008). *Risikokostenrechnung*. Berlin.

16. Tang, C. S. (2006). Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. In: *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 9, Issue 1, pp. 33-45.
17. Vidal, C.J. & Goetschalckx, M. (2001). A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation. In: *European Journal of Operational Research*, Vol. 129, Issue 1, pp. 134-158.
18. Wolf, K. & B. Runzheimer (2001). *Risikomanagement und KonTraG*. 3rd ed. Wiesbaden.
19. Wu, Y.; Dong, M.; Tang, W. & Chen, F. F. (2010). Performance analysis of serial supply chain networks considering system disruptions. In: *Production Planning & Control*, Vol. 21, Issue 8, pp. 774-793.
20. Zsidisin, G.A. (2003). Managerial perceptions of supply risk. In: *Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing & Supply*, Vol. 39, Issue 1, pp. 14-23.

# RISIKO- UND INNOVATIONSMANAGEMENT FUER STRATEGISCHE NETZWERKE

S. Klein-Schmeink<sup>1</sup>, T. Peisl<sup>2</sup>

*1 - Koeln*

*2 - Hochschule Muenchen*

*stephan.klein-schmeink@web.de; tpeisl@hm.edu*

Ansätze des Supply Chain Risikomanagements (SCRM) sind nahezu ausschließlich auf die Vermeidung oder Abschwächung operativer, reiner Risiken (i. S. von negativen Zielabweichungen) gerichtet. Innovationen sind stets mit Risiken verbunden, führen aber gleichzeitig zu Chancen für die nachhaltige Entwicklung von strategischen Netzwerken. Mit dem vorliegenden Beitrag werden die Wirkungszusammenhänge zwischen Innovationen, Chancen und Risiken für strategische Netzwerke anhand von Fallstudien untersucht.

Current research in Supply Chain Risk Management (SCRM) is predominantly limited to operational risks and does not include opportunities. Innovation is always linked to risks because of uncertainty. Innovation also is a critical requirement for sustainable growth and development of strategic networks. Based on case study research, this paper examines and analyses correlations between innovation, opportunities, and risks.

## **1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG**

Risikomanagement für Supply Chains (SCRM) wird seit Ende der 1990er Jahre diskutiert. Die wissenschaftlichen Beiträge und Ansätze lassen sich anhand der Interpretationen des Begriffs SCM (operativ vs. strategisch) und anhand der Definition von Risikomanagement (speziell vs. generell) klassifizieren [Tandler/Eßig 2011, Strohmeier 2007, Stewens 2005, Konrad 2005, Götze/Mikus 2001]. Die derzeitigen Veröffentlichungen und Ansätze zum SCRM sind zum überwiegenden Teil dem speziellen Risikomanagement mit operativ-logistischer Prägung zuzuordnen, d. h. sie fokussieren auf reine Risiken, in deren Folge es zu Störungen innerhalb eines logistisches Netzwerks (Güter, Leistungen, Informationen) kommt. SCRM ist damit auf Faktoren gerichtet, die zu negativen Zielabweichungen führen [Vahrenkamp/Siepermann 2007, Waters 2007, Ziegenbein 2007, Götze/Mikus 2007, Kersten/Blecker 2006]. Im Gegensatz dazu sind Innovationen eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung und das Wachstum von Unternehmen: Sie dienen dem strategischen Ziel der nachhaltigen Unternehmensexistenz. Ohne Innovationen entstehen einerseits keine Chancen, die zu positiven Zielabweichungen und Wachstum führen. Andererseits sind Innovationen stets mit Risiken verbunden [Gassmann 2006, Christensen 2006, Herstatt/Verworn 2003]. Diese

Wechselwirkungen zwischen Innovationen, Chancen und Risiken werden durch gegenwärtige Ansätze nur ansatzweise berücksichtigt und damit der strategischen Relevanz von SCM nicht gerecht [Sehgal 2011, Pfohl 2002].

Ziel dieses Beitrags ist es, Gestaltungsempfehlungen für die Beseitigung der oben skizzierten Defizite aufzuzeigen. Dabei sind die derzeitigen Ansätze des SCRM so weiter zu entwickeln, dass eine Verlagerung von der operativen (überwiegend logistisch geprägten) zur strategischen Managementebene erfolgt (Abb. 1). Diese Verlagerung macht es gleichzeitig erforderlich, neben reinen Risiken auch spekulative Risiken (Chancen) zu berücksichtigen. Chancen und Risiken wiederum stehen in einem Ursache-Wirkungs-Zusammenhang mit Innovationen. Daher sind auch deren Wechselwirkungen zu untersuchen und Möglichkeiten für das Management dieses Spannungsfeldes aufzuzeigen.

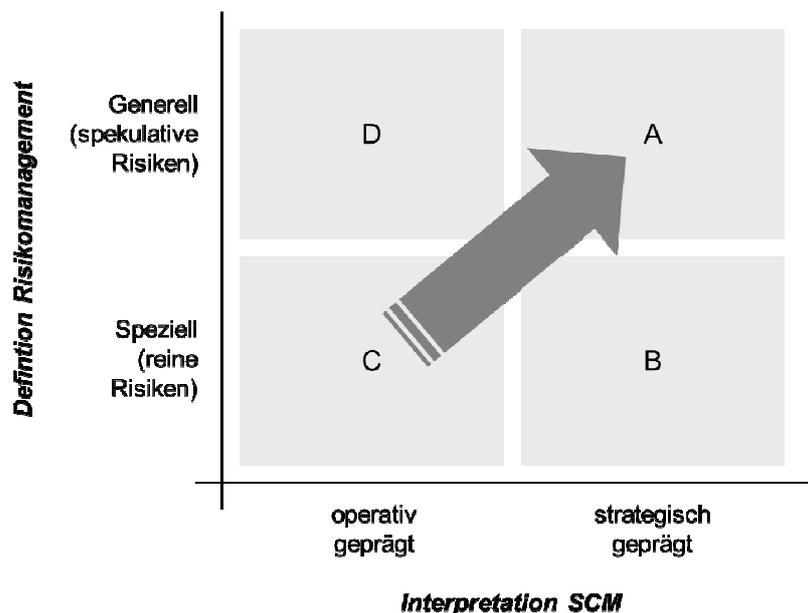


Abbildung 1. Klassifizierung von SCRM-Ansätzen (eigene Darstellung)

Im Einzelnen werden folgende Forschungsfragen betrachtet:

- Welche Potentiale sind relevant, um die Voraussetzungen für den Erfolg eines strategischen Netzwerks zu schaffen?
- Existieren Wechselwirkungen i. S. von Chancen und Risiken zwischen diesen Potentialen und Innovationen?
- Wie lassen sich Wechselwirkungen zwischen Potentialen und Innovationen in den Prozess des strategischen Managements integrieren?

## 2. FORSCHUNGSDESIGN

Für die Beantwortung der Fragestellungen stehen prinzipiell zwei Forschungsstrategien zur Wahl [Gläser/Laudel 2010, Flick 2010, Bogner et al. 2009]:

- Relationsorientierte Strategien (auch quantitative oder nomothetisch-deduktive Strategien). Durch standardisierte Datenerhebungen und die Anwendung statistischer Tests wird nach Kausalzusammenhängen gesucht. Die Richtung des Kausalzusammenhangs (Ursache und Wirkung) und die Mechanismen zwischen Ursachen und Wirkungen können nicht erklärt werden.
- Mechanismenorientierte Strategien (auch qualitative oder induktive Strategien). Durch Analyse eines oder weniger Fälle wird nach Ursachen, Wirkungen und Kausalzusammenhängen gesucht. Statistisch valide Informationen über die Verbreitung bzw. den Geltungsbereich der Mechanismen können nicht gewonnen werden.

Eine relationsorientierte oder quantitative Forschungsstrategie ist prinzipiell nur für Untersuchungsfelder oder -objekte anwendbar, die quantifizierbar sind. Diese Voraussetzung ist nicht gegeben, da strategische Netzwerke als offene, nicht-lineare und dynamische Systeme nicht eingrenzbar sind [Hofstadter 2011, Smith 2010, Mainzer 2008, Baecker 2005, Richter/Rost 2004, Eckhardt 2004, Krieger 1998, Luhmann 1987] und sich damit keine Grundgesamtheit bestimmen lässt. Folglich ist eine mechanismenorientierte Untersuchungsmethode auszuwählen, die der ursachlichen Erklärung von Sachverhalten dient, ohne jedoch zu statistisch validen Erkenntnissen zu führen. Das Forschungsdesign orientiert sich an den methodischen Grundsätzen und Empfehlungen für Fallstudienuntersuchungen [Eisenhardt 1989, Yin 1984, Miles/Huberman 1984].

Wesentliche Schritte der Fallstudienuntersuchung liegen in der Bestimmung von Untersuchungsfragen, der Analyse wissenschaftlicher Literatur, der Bestimmung von Hypothesen oder Axiomen, der Auswahl und Untersuchung von Fallstudien sowie der Gegenüberstellung von theorie- und praxisbezogenen Aussagen. Die Reihenfolge dieser Schritte ist variabel und orientiert sich am jeweiligen Untersuchungskontext [Eisenhardt 1989, Yin 1984]. Im vorliegenden Fall werden, ausgehend von den Forschungsfragen, zunächst theoriegeleitete Axiome entwickelt und deren Gültigkeit durch Fallstudien überprüft. Aufbauend auf den Ergebnissen der Überprüfung werden Gestaltungsempfehlungen für ein strategisches Risiko- und Innovationsmanagement entwickelt (Abb. 2). Die Gewinnung von Informationen und Aussagen zu den ausgewählten Fallstudien erfolgt über systematisierende Leitfadeninterviews [Gläser/Laudel 2010, Flick 2010, Bogner et al. 2009].

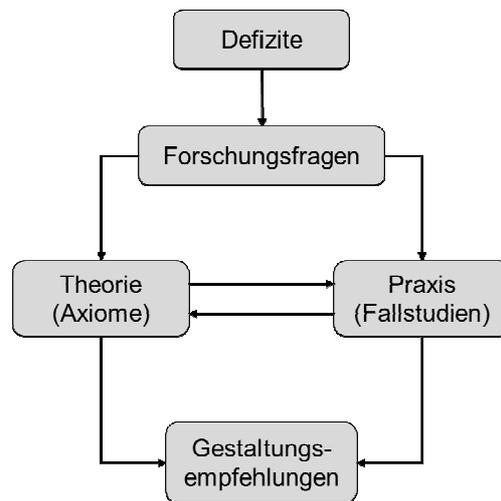


Abbildung 2. Methodische Vorgehensweise (eigene Darstellung)

### 3. WISSENSCHAFTLICHER BEZUGSRAHMEN UND AXIOME

Der wissenschaftliche Bezugsrahmen im Kontext dieser Studie umfasst die System- und Chaostheorie sowie die Konzepte und Ansätze zu SCM, Prozessmanagement, strategischen Netzwerken, strategischem Management, Risikomanagement und Innovationsmanagement. Im Rahmen dieses Beitrags werden exemplarische Aussagen innerhalb des Bezugsrahmens vorgestellt.

- Supply Chains sind eine Form von strategischen Netzwerken, d. h. sie sind polyzentrisch organisiert, werden durch eine fokale Organisation geführt und sind das Ergebnis intentionaler Handlungen [Sydow 2005, Corsten/Gössinger 2001].
- Strategische Netzwerke unterliegen chaotischen Gesetzmäßigkeiten und sind als Systeme gekennzeichnet durch Nicht-Linearität, Dynamik und Offenheit [Smith 2010, Mainzer 2008, Richter/Rost 2004, Eckhardt 2004, Krieger 1998 ].
- Disruptive Innovationen finden unter hoher Unsicherheit statt, da weder der Nutzen einer Innovation prognostiziert noch Kunden und Märkte im Vorfeld eindeutig identifiziert werden können. Die kritische Größe zur Begegnung dieser Unsicherheit ist Wissen [Chesbrough 2006, Christensen 2006].
- SCM wird als interorganisationales Prozessmanagement für strategische Netzwerke aufgefasst [Lambert 2008, Gaitanides 2007, Konrad 2005]. Prozessmanagement gilt in Kombination mit Wissen als dynamische Kernkompetenz, welche eine kontinuierliche Weiterentwicklung von Kernkompetenzen ermöglicht [Osterloh/Frost 2006, Krüger/Homp 1997, Hamel/Prahalad 1990].

- Kooperationskompetenz als Metakompetenz umfasst die Dimensionen des organisationalen Wissens und Lernens, der organisationalen Strukturen und der Organisationskultur [Zimmermann 2010, Landt 2009, Roß 2006].
- Prozessmanagement und Kooperationskompetenz werden als strategische Erfolgspotentiale aufgefasst, die als Vorsteuerungsgrößen für den nachhaltigen Erfolg strategischer Netzwerke relevant sind [Welge/Al-Laham 2008, Gälweiler 2005, Bleicher 2004].

Eine eingehende Analyse des wissenschaftlichen Bezugsrahmens führt zu folgenden Axiomen:

- A<sub>01</sub> Prozessmanagement und Kooperationskompetenz werden als strategische Erfolgspotentiale wahrgenommen, sind operationalisierte Zielgrößen und werden regelmäßig evaluiert.
- A<sub>02</sub> Die Konfiguration eines strategischen Netzwerks (Auswahl der Partner) ist abhängig von Prozessmanagement und Kooperationskompetenz.
- A<sub>03</sub> Prozessmanagement und Kooperationskompetenz stehen in Relation zueinander.
- A<sub>04</sub> Zwischen Innovationen, Prozessmanagement und Kooperationskompetenz bestehen Wechselwirkungen (i. S. von Chancen und Risiken).
- A<sub>05</sub> Prozessmanagement und das Management von Kooperationskompetenz sind etablierte Prozesse auf strategischer Ebene.

Diese Axiome werden hinsichtlich ihrer Gültigkeit durch die Fallstudien überprüft.

#### **4. UNTERSUCHUNG DER FALLSTUDIEN**

Bei der Auswahl der Fallstudien werden drei Kriterien berücksichtigt: Heterogenität von Branchen, Komplexität von Netzwerken (anhand der strategischen Ausrichtung) sowie Differenzierung nach Innovationsarten (Abb. 3).

Fall-studie	Branche	Strategische Ausrichtung	Innovations-art(en)
A	Luft- und Raumfahrt	global	inkremental und disruptiv
B	Verteidigung / Äußere Sicherheit	national	überwiegend inkremental
C	Medien- und Übertragungstechnologie	multinational	überwiegend disruptiv
D	Maschinen- und Werkzeugbau	international	inkremental und disruptiv
E	Automobilzulieferindustrie	multinational	überwiegend inkremental
F	Unternehmensberatung	national	inkremental und disruptiv

Abbildung 3. Auswahl von Fallstudien

Hinsichtlich der Analyse von Fallstudien wird zwischen ‚within-case data‘ und ‚cross-case patterns‘ unterschieden. Für die rein auf die einzelne Fallstudie bezogene Analyse (within-case) existieren keine standardisierten Vorgaben oder Empfehlungen. Bei einer vergleichenden Analyse von Fallstudien (cross-case) bietet sich die Bildung von Kategorien an, entlang derer Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Fallstudien erkennbar werden [Eisenhardt 1989, Yin 1984]. Die differenzierte Untersuchung und Auswertung der Fallstudien führt zu folgenden Aussagen:

- Kooperationskompetenz und Prozessmanagement werden gegenwärtig in drei von sechs Fällen als Erfolgspotentiale wahrgenommen und bei der Zielbildung sowie im Strategieprozess berücksichtigt.
- Prozessmanagement wird gegenwärtig als weniger kritische Größe betrachtet. Innovationen führen zwar regelmäßig zu einer Reduzierung der Prozessreife; dies betrifft jedoch in vier von sechs Fällen kleinere Ausschnitte von strategischen Netzwerken.
- Vordergründig scheitern Innovationen gegenwärtig nicht an mangelnder Kooperationskompetenz. Diese Aussage ist allerdings zu relativieren, weil ein drohendes Scheitern in drei von sechs Fällen durch kurzfristige organisatorische und finanzielle Maßnahmen regelmäßig verhindert wird.
- Kooperationskompetenz wird durch alle Fallstudien zukünftig als bedeutende Größe i. S. eines strategischen Erfolgspotentials wahrgenommen. Prozessmanagement wird hingegen in zwei von sechs Fällen als tendenziell weniger erfolgskritisch bewertet.
- Die Notwendigkeit einer strategischen Planung und Steuerung besteht in vier von sechs Fällen zukünftig für beide Erfolgspotentiale.

- Strategische Netzwerke steigern in vier von sechs Fällen gegenwärtig die Innovationskraft des Unternehmens, allerdings wird deren Chancenpotential nicht systematisch untersucht.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Analysen sind die Axiome auf ihre Gültigkeit überprüft worden.

<b>Axiom</b>	<b>bestätigt (Anzahl Fallstudien)</b>	<b>nicht bestätigt (Anzahl Fallstudien)</b>
A <sub>01</sub>	3	3
A <sub>02</sub>	2	4
A <sub>03</sub>	3	3
A <sub>04</sub>	3	3
A <sub>05</sub>	2	4

Abbildung 4. Überprüfung der Axiome

Die Axiome werden gegenwärtig nur mit Einschränkungen durch die Fallstudien bestätigt (Abb. 4). Zukünftig gewinnt jedoch das strategische Management von Wechselwirkungen zwischen Erfolgspotentialen und Innovationen an Relevanz. Voraussetzung für eine zukünftige Bewertung des Innovations- und Chancenpotentials von strategischen Netzwerken ist eine Integration der erfolgskritischen Größen (Prozessmanagement und Kooperationskompetenz) innerhalb des strategischen Managements.

## **5. GESTALTUNGSEMPFEHLUNGEN**

Hinsichtlich der Forschungsfragen führt die Untersuchung aus theoretischer und praxisorientierter Perspektive zu folgenden Erkenntnissen:

- Die auf der Grundlage theoretischer Erkenntnisse entwickelten Erfolgspotentiale werden durch die Aussagen der Fallstudien, insbesondere mit Blick in die Zukunft bestätigt.
- Die Existenz von Wechselwirkungen i. S. von Chancen und Risiken zwischen den Erfolgspotentialen und Innovationen wird durch die Ergebnisse der Fallstudien für die Praxis bestätigt.
- Die Erfolgspotentiale sind gegenwärtig im Rahmen des Strategieprozesses nur eingeschränkt verankert. Gleichzeitig wird die strategische Relevanz von Prozessmanagement und Kooperationskompetenz für die Zukunft überwiegend anerkannt.

Den konzeptionellen Rahmen für die Gestaltung eines Risiko- und Innovationsmanagements für strategische Netzwerke bilden die Wirkungszusammenhänge zwischen Innovationsmanagement, strategischen Erfolgspotentialen und strategischem Management.

Innovationen und Erfolgspotentiale strategischer Netzwerke (Kooperationskompetenz und Prozessreife) beeinflussen sich wechselseitig. Gleichzeitig ist der Aufbau, die Nutzung und die Weiterentwicklung von Erfolgspotentialen eine Kernaufgabe des strategischen Managements. Die Wechselwirkungen zwischen Innovationen und Erfolgspotentialen führen zu Chancen oder Risiken für ein strategisches Netzwerk, diese resultieren auf strategischer Ebene in positiven oder negativen Zielabweichungen (Abb. 5).

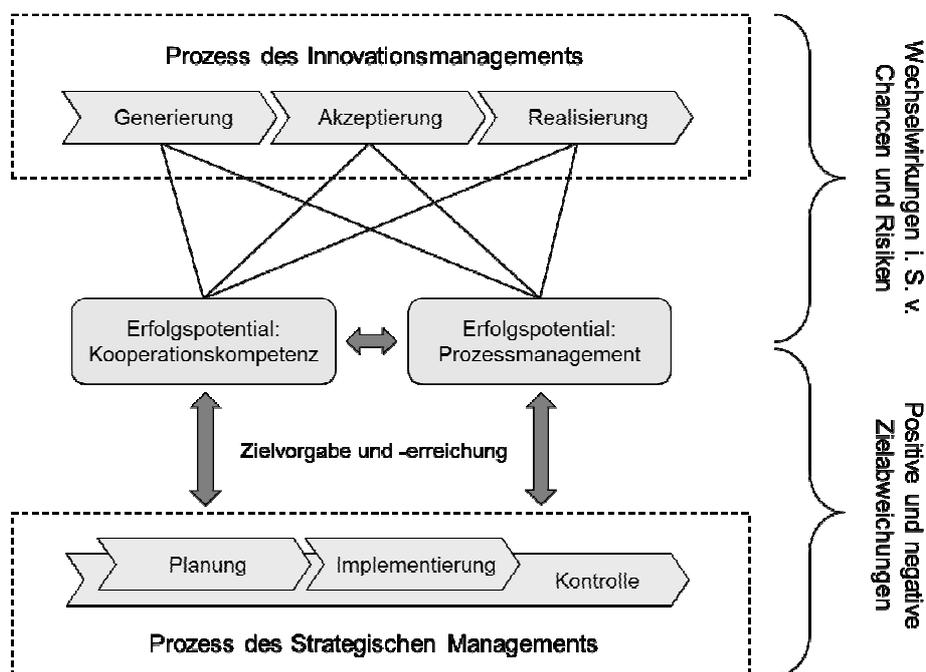


Abbildung 5. Gestaltungsempfehlungen (eigene Darstellung)

Sowohl strategisches Management als auch Innovationsmanagement sind als Prozesse zu verstehen, die sich zwar grundsätzlich präskriptiv ordnen und beschreiben lassen, allerdings unterschiedliche Charakteristika (z. B. hinsichtlich Intuition, Kreativität und Planungsrationalität) aufweisen und in der Realität durch diskontinuierliche Rückkopplungen gekennzeichnet sind.

Das Management der strategischen Erfolgspotentiale [Gälweiler 2005] beeinflusst wesentlich die Chancen- und Risikosituation eines strategischen Netzwerks und damit die Erreichung strategischer Netzwerkziele [Sydow 2005]. Prozessmanagement als Erfolgspotential gilt in Kombination mit Wissen als dynamische Kernkompetenz und damit als Kernprozess [Osterloh/Frost 2006, Krüger/Homp 1997]. Kooperationskompetenz als Erfolgspotential ist

insbesondere geprägt durch die Dimensionen des organisationalen Wissens und Lernens [Landt 2009, Roß 2006]. Durch Kooperationskompetenz werden mithin die Voraussetzungen geschaffen, um Prozessmanagement und Wissen zu koordinieren. Folglich ist auch das Management von Kooperationskompetenz als Kernprozess strategischer Netzwerke aufzufassen. Dieser Kernprozess ist auf die Bewertung, Auswahl und Steuerung von Partnern in strategischen Netzwerken gerichtet.

## 6. LITERATUR

- Bleicher K. 2004. Das Konzept Integriertes Management. Visionen, Missionen, Programme. 7. Auflage. Campus Verlag, Frankfurt am Main.
- Bogner A., Littig B., Menz W. (Hrsg.) 2009. Experteninterviews. Theorien, Methoden, Anwendungsfelder. 3. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Chesbrough H. 2006. Open Innovation. Harvard Business School Press, Boston.
- Christensen C. M. 2006. The Innovator's Dilemma. 4. Auflage. Collins Business Essentials, New York.
- Corsten H., Gössinger R. 2001. Einführung in das Supply Chain Management. Oldenbourg Verlag, München.
- Eckhardt B. 2004. Chaos. Fischer Verlag, Frankfurt am Main.
- Eisenhardt K. M. 1989. Building Theories from Case Study Research. In: Academy of Management Review 1989. Vol. 14, No. 4, S. 532-550.
- Flick U. 2010. Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung. 3. Auflage. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg.
- Gälweiler A. 2005. Strategische Unternehmensführung. 3. Auflage. Campus Verlag, Frankfurt am Main.
- Gaitanides M. 2007. Prozessorganisation. 2. Auflage. Verlag Franz Vahlen, München.
- Gassmann O. 2006. Innovation und Risiko - zwei Seiten einer Medaille. In: Gassmann O., Kobe C. (Hrsg.) 2006. Management von Innovation und Risiko. Springer Verlag, Berlin. S. 3-24.
- Gassmann O., Kobe, C. (Hrsg.) 2006. Management von Innovation und Risiko. 2. Auflage. Springer Verlag, Berlin.
- Gläser J., Laudel G. 2010. Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. 4. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Götze U., Henselmann K., Mikus B. (Hrsg.) 2001. Risikomanagement. Physica-Verlag, Heidelberg.
- Götze U., Mikus B. 2001. Risikomanagement mit Instrumenten der strategischen Unternehmensführung. In: Götze U., Henselmann K., Mikus B. (Hrsg.) 2001. Risikomanagement. Physica Verlag, Heidelberg. S. 385-412.
- Götze U., Mikus B. 2007. Der Prozess des Risikomanagements in Supply Chains. In: Vahrenkamp R., Siepermann C. (Hrsg.) 2007. Risikomanagement in Supply Chains. Erich Schmidt Verlag, Berlin. S. 29-58.
- Hamel G., Prahalad C. K. 1990. The Core Competence of the Corporation. Harvard Business Review On Point Article [[www.hbr.org](http://www.hbr.org)].
- Herstatt C., Verworn B. (Hrsg.) 2003. Management der frühen Innovationsphasen. Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Hofstadter D. R. 2011. Gödel - Escher - Bach. Ein endloses geflochtenes Band. 13. Auflage. Deutscher Taschenbuch Verlag, München.
- Kersten W., Blecker T. (Hrsg.) 2006. Managing Risks in Supply Chains. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Konrad G. 2005. Theorie, Anwendbarkeit und strategische Potenziale des Supply Chain Management. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- Krieger D. J. 1998. Einführung in die allgemeine Systemtheorie. 2. Auflage. Wilhelm Fink Verlag, München.

- Krüger W., Homp C. 1997. Kernkompetenz-Management. Steigerung von Flexibilität und Schlagkraft im Wettbewerb. Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Lambert D. M. 2008. Supply Chain Management. Processes, Partnerships, Performance. 3. Auflage. Supply Chain Management Institute, Sarasota.
- Landt N. 2009. Kooperationskompetenz als Metakompetenz. Ein mehrdimensionaler Bezugsrahmen. Verlag der GUC, Chemnitz.
- Luhmann, N. 1987. Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie. Nachdruck der Erstauflage von 1984. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft, Frankfurt am Main.
- Mainzer K. 2008. Komplexität. Wilhelm Fink Verlag, Paderborn.
- Mikus B. 2001. Risiken und Risikomanagement - ein Überblick. In: Götze U., Henselmann K., Mikus B. (Hrsg.) 2001. Risikomanagement. Physica Verlag, Heidelberg. S. 3-28.
- Miles M., Huberman A. M. (1984). Qualitative Data Analysis. Sage Publications, Beverly Hills.
- Osterloh M., Frost J. 2006. Prozessmanagement als Kernkompetenz. 5. Auflage. Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Pfohl H. C. (Hrsg.) 2002. Risiko- und Chancenmanagement in der Supply Chain. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Richter K., Rost J. M. 2004. Komplexe Systeme. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main.
- Roß A. 2006. Wertsteigerung durch Netzwerkkompetenz. Konzeption und praktisches Vorgehen. Josef Eul Verlag, Lohmar.
- Sehgal V. 2011. Supply Chain as Strategic Asset. John Wiley and Sons, New Jersey.
- Smith L. A. 2010. Chaos. Reclam Verlag, Stuttgart.
- Stewens M. 2005. Gestaltung und Steuerung von Supply Chains. Josef Eul Verlag, Lohmar.
- Strohmeier G. 2007. Ganzheitliches Risikomanagement in Industriebetrieben. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- Sydow J. 2005. Strategische Netzwerke. Evolution und Organisation. 6. Nachdruck. Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Tandler S., Eßig M. 2011. Supply Chain Safety Management. Konzeption und Gestaltungsempfehlungen. In: Bogaschewsky R., Eßig M., Lasch R., Stölzle W. (Hrsg.) 2011. Supply Management Research. Aktuelle Forschungsergebnisse 2011. Gabler Verlag, Wiesbaden. S. 57-92.
- Vahrenkamp R., Siepermann C. (Hrsg.) 2007. Risikomanagement in Supply Chains. Gefahren abwehren, Chancen nutzen, Erfolg generieren. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Waters D. 2007. Supply Chain Risk Management. Vulnerability and Resilience in Logistics. Kogan Page, London.
- Welge M. K., Al-Laham A. 2008. Strategisches Management. Grundlagen, Prozess, Optimierung. 5. Auflage. Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Yin R. 1984. Case study research. Sage Publications, Beverly Hills.
- Ziegenbein A. 2007. Supply Chain Risiken. Identifikation, Bewertung und Steuerung. VDF Hochschulverlag, Zürich.
- Zimmermann M. 2009. Quantitative Methoden zur Netzwerkgenese in Supply Chains. Verlag Dr. Kovac, Hamburg.

# **ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА РИСКОВ И ШАНСОВ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ И ЦЕПЯХ ПОСТАВОК**

А.Г. Мадера

*Научно-исследовательский институт системных исследований РАН  
agmprof@mail.ru*

Представлена обобщенная структура рисков и шансов социально-экономических систем, в том числе логистических, на основе которой проводится полный численный анализ конкретных рисков и шансов, возникающих при принятии решений в бизнес-процессах и менеджменте цепей поставок. Разработана система критериев для оценки рисков и шансов, а также система иерархических уровней рисков и шансов – оперативный, тактический и стратегический – в зависимости от периода актуализации рисков и шансов.

## **THE GENERALISED STRUCTURE OF RISKS AND CHANCES FOR MAKING DECISIONS IN BUSINESS PROCESSES AND SCM**

Alexander Madera

*Scientific-Research Institute for System Studies of RAS  
E-mail: agmprof@mail.ru*

The generalised structure of risks and chances of social economics systems for conducting of complete numerical analysis of the concrete risks and chances, which are appearing at the making decision in business-process and SCM, are presented. The designed criteria systems for estimation of risks and chances, as well as partition them on hierarchical levels – operative, tactical and strategic – depending on period of the actualizations of risks and chances, are considered.

### **ВВЕДЕНИЕ**

При принятии решений и управлении бизнес процессами в цепях поставок менеджеры сталкиваются с тем, что решаемые ими проблемы характеризуются не только многокритериальностью, но также и тем, что будущее, в котором актуализируются результаты и последствия действий и решений, является существенно неопределенным. В результате после реализации выбранного решения на практике получаемые затем результаты могут оказаться весьма далекими от запланированных.

Несовпадение ожидаемых результатов принятых решений с их реальными последствиями в будущем обуславливается множеством неопределенных и непредсказуемых факторов. Это связано с тем, что решение принимается сегодня и соответствует тому состоянию окружающей среды, которое сложилось на данный момент, которое, однако, завтра (через неделю, месяц, год, несколько лет) изменится, может быть даже кардинально, что приведет к совершенно непредвиденным и неожиданным результатам и последствиям. Отклонение намеченных результатов от того, что в действительности будет получено на практике, является, по существу, платой ЛПР как за неопределенное будущее, так и его неспособность достоверно предсказывать состояния этого будущего.

Плата за неопределенность будущего и, как следствие, неопределенность результатов, может проявляться как в форме «наказания» (ущерба и убытков), так и в форме «вознаграждения» (выгоды, прибыль, дивиденды). Возможность наступления отклонения результатов решения в неблагоприятную для ЛПР сторону в форме всевозможного рода ущерба, убытков, потерь, трактуется нами как *риск*. Отклонения же результатов решения в благоприятную для ЛПР сторону называются выигрышами, выгодами, или *шансами* [1].

Поскольку неопределенность, изменчивость и непредсказуемость являются основными и неотъемлемыми атрибутами будущего и его состояний, то будущие результаты активности, то есть *риски*, если результаты неудачны для субъекта, и *шансы*, если результаты благоприятны для него, также характеризуются неопределенностью и непредсказуемостью. Это означает, что человек не может достоверно предсказать того, какие именно результаты деятельности и принятых решений – риски и шансы – актуализируются в действительности по прошествии некоторого промежутка времени. Понятно, что если бы такое предсказание было возможным, то не было бы необходимости говорить о рисках и шансах, поскольку ЛПР всегда принимал бы только такие решения, и поступал бы только таким образом, чтобы однозначно достичь поставленной цели и получить желаемый результат.

В настоящей статье предлагается обобщенная структура рисков и шансов, которая позволяет проводить исчерпывающий качественный и численный анализ рисков и шансов при управлении бизнес процессами в цепях поставок и логистических системах. Представлена также разработанная система критериев, с помощью которой может быть осуществлена всесторонняя оценка рисков и шансов. Также в статье введены иерархические уровни рисков и шансов – оперативный, тактический и стратегический – которые различаются между собой длительностью периода актуализации и степенью неопределенности будущего, что так важно для анализа рисков и шансов.

## ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА РИСКОВ И ШАНСОВ

Обобщенная структура рисков и шансов (рис. 1) содержит семь уровней и строится применительно к конкретной форме и виду деятельности по управлению бизнес-процессами в цепях поставок, совершаемой в данный момент времени.

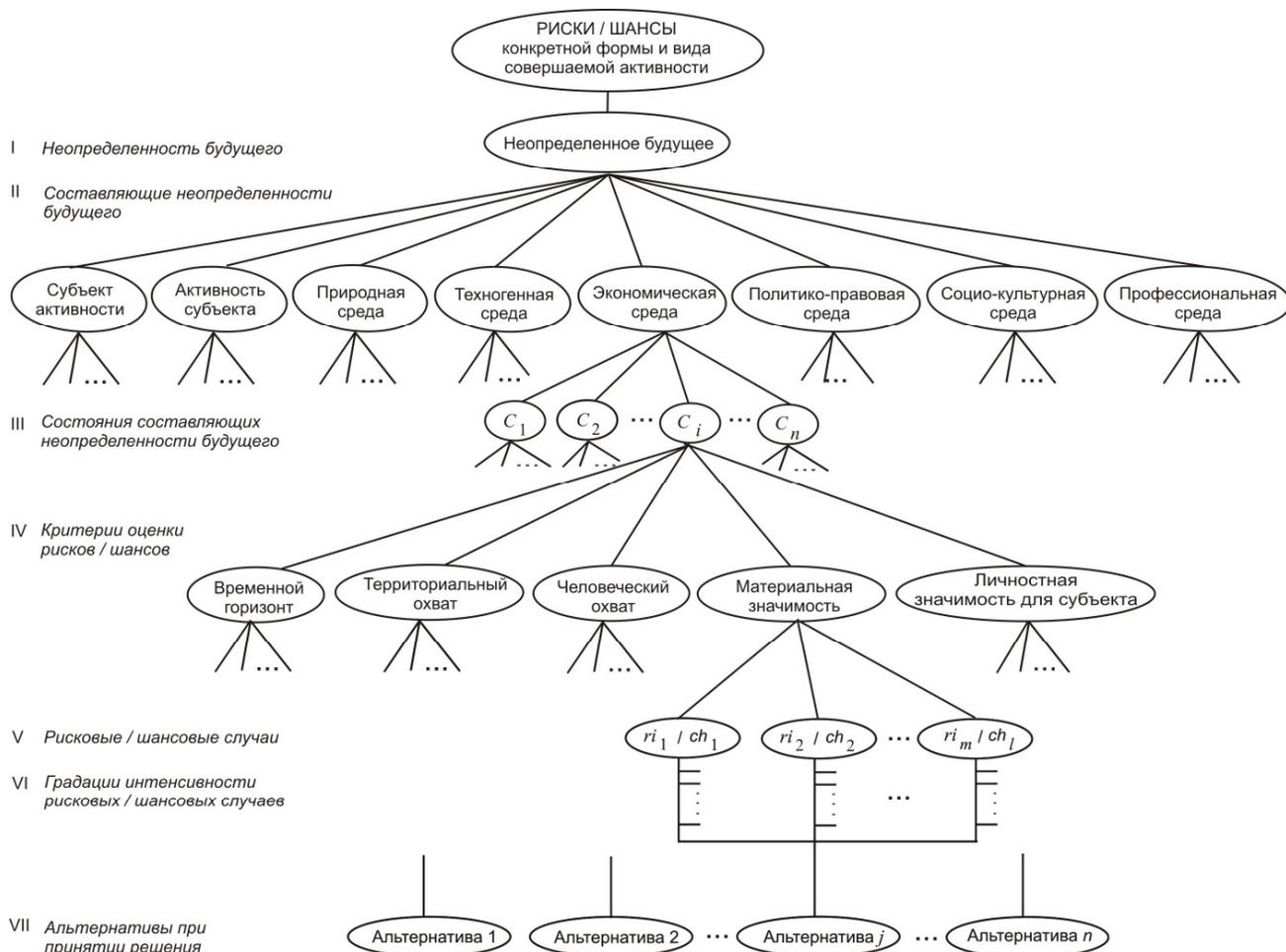


Рис. 1. Структура рисков и шансов

Риски и шансы, являясь будущими результатами и последствиями принятия решений и управления, обуславливаются как принятым решением и/или действием, так и состоянием будущего, в котором оно окажется ко времени актуализации риска и шанса. Поэтому структура рисков и шансов начинается с неопределенности будущего (уровень I) и заканчивается возможными решениями (уровень VII). Между этими двумя уровнями – верхним (I) и низшим (VII) – расположены все остальные уровни структуры, которые, во-первых, конкретизируют неопределенное будущее в виде отдельных составляющих его неопределенностей (уровень II) и возможных состояний для каждой из них (уровень III), во-вторых, перечисляют конкретные критерии, по которым оцениваются и

сравниваются между собой отдельные риски и шансы (уровень IV), в-третьих, формируют множества рисков / шансов, которые могут актуализироваться при принятии данной альтернативы (уровень V) и, в-четвертых, сопоставляют каждому риску / шансу определенную градацию по единой шкале (уровень VI).

В основании структуры рисков / шансов лежит акт принятия решений, то есть выбор определенной альтернативы (возможного решения) из множества альтернатив (уровень VII). Каждая из альтернатив, входящая в множество возможных решений, будучи принятой, порождает определенный набор последствий и результатов (уровень V). Каждый результат из набора результатов и последствий может нести с собой ущерб и неудачу для ЛПР, то есть риск, а может нести прибыль и успех, то есть шанс. Далее для именованного конкретного риска и шанса будем также использовать такие понятия, как рискованный и шансовый случай.

Какой именно рискованный или шансовый случай будет реализован через некоторое время в будущем зависит помимо множества факторов также и от того, в каком состоянии окажется это будущее в момент актуализации результата. Поэтому самыми верхними уровнями структуры являются уровни, относящиеся к неопределенному будущему (уровень I), его составляющим (уровень II), а также возможным состояниям составляющих будущего (уровень III), которые, могут актуализироваться в реальности с той или иной вероятностной мерой.

Каждый из рискованных и шансовых случаев может быть исчерпывающе и всесторонне охарактеризован с помощью шести критериев (уровень IV). В свою очередь каждый рискованный и шансовый случай должен быть соотнесен с определенной градацией шкалы, установленной по каждому критерию (уровень VI).

Структуры рисков и шансов практически не отличаются друг от друга, за исключением V и VI уровней, содержащим либо множество возможных рисков, либо множество возможных шансов, а также градации интенсивностей рискованных или шансовых случаев, оцениваемых по тому или иному критерию.

Таким образом, каждый из семи уровней структурной иерархии рисков / шансов имеет следующее содержание:

I уровень – неопределенное будущее, которое обуславливается тремя сущностями неопределенности: *неопределенностью ЛПР, неопределенностью собственно деятельности, неопределенностью окружающей среды* и ее составляющих (природной, техногенной, экономической, политико-правовой, социокультурной, профессиональной);

II уровень – сущности, обуславливающие неопределенность будущего, а именно – ЛПР, деятельность и составляющие окружающей среды

(природная, техногенная, экономическая, политико-правовая, социокультурная и профессиональная);

III уровень – возможные состояния  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , в каждом из которых могут находиться составляющие неопределенности будущего. Множества состояний для каждой составляющей неопределенности вырабатываются экспертами;

IV уровень – критерии оценки и сравнения рисков и шансов между собой. Система критериев рисков и шансов включает в себя:

(1) *временной горизонт рисков и шансов*, представляющий собой длительность периода времени, в течение которого будут действовать, ощущаться, сказываться последствия от совершенной деятельности, действий и принятых решений;

(2) *территориальный охват рисков и шансов*, определяемый как размер/площадь территории, на которой в действую результаты и последствия, принесенные на нее как следствие осуществленной деятельности и принятых решений ЛПР;

(3) *человеческий охват рисков и шансов*, измеряемый количеством индивидов, интересы которых затрагиваются данным последствием;

(4) *материальная значимость рисков и шансов*, которая означает уровень возможных *материальных потерь и/или приобретений*, в результате реализации данного последствия в будущем;

(5) *личностная значимость рисков и шансов для ЛПР*, которая представляет собой потери и приобретения, относящиеся к физическому (болезни, травматизм, летальный исход) и духовному (психическое состояние, интеллект, культурный уровень, морально-нравственный ущерб/приобретение) здоровью ЛПР в результате реализации данного последствия в будущем;

(6) *мера возможной актуализации рисков и шансов в будущем* показывает ту возможность, с которой тот или иной конкретный риск и шанс может быть реализован в будущем, причем оценка меры возможности, как будет показано далее, носит как объективный, так и субъективный характер.

Критерий (6) – мера возможной актуализации рисков и шансов – в структуру не включен, поскольку он вплетается в структуру метода анализа иерархий, используемого для оценки рисков и шансов;

V уровень – множество возможных рисковых / шансовых случаев, которые могут по мнению экспертов реализоваться в будущем при принятии того или иного решения;

VI уровень – градации интенсивностей рисковых / шансовых случаев по каждому критерию;

VII уровень – множество альтернатив, или возможных решений, из которых осуществляется выбор в процессе принятия решения.

## УРОВНИ РИСКОВ И ШАНСОВ: ОПЕРАТИВНЫЙ, ТАКТИЧЕСКИЙ И СТАРТЕГИЧЕСКИЙ

На уровне I структуры рисков и шансов (рис. 1) неопределенные результаты принятых решений и действий актуализируется через некоторый промежуток времени, который мы называем *периодом актуализации*. Период актуализации может измеряться в широком диапазоне времени, исчисляемым начиная от мгновения, следующим за данным действием, и заканчивая временными периодами, охватывающими годы и даже десятилетия.

От длительности периода актуализации, зависит степень неопределенности будущего, причем для периода актуализации обычно справедливо установленное нами правило: *с ростом периода актуализации растет и степень неопределенности будущего результата*.

В соответствии с длительностью периода актуализации риски и шансы могут быть разбиты на *три иерархических уровня* (рис. 2):

- *оперативные риски и шансы* – период актуализации не превышает одного, в крайнем случае, нескольких дней;



Рис. 2. Иерархические уровни рисков и шансов

- *тактические риски и шансы* – период актуализации имеет длительность от нескольких дней до нескольких месяцев, но не больше одного года;
- *стратегические риски и шансы* – период актуализации превышает год и может иметь продолжительность до нескольких лет и более.

Длительность периода актуализации определяет также конкретный вид структуры рисков / шансов, в которой часть уровней может отсутствовать в соответствии с рассматриваемой ситуацией. Поэтому построение структуры рисков / шансов для данной деятельности по управлению бизнес-процессами, должно начинаться с определения периода актуализации и отнесения рисков / шансов к одному из трех уровней – оперативному, тактическому или стратегическому, что позволит построить адекватную структуру рисков / шансов и исключить из рассмотрения те уровни иерархии, рассмотрение которых в конкретных условиях нецелесообразно.

Структура рисков / шансов, представленная на рис. 1, отражает общий случай. В каждой конкретной ситуации, характеризующейся конкретными видом деятельности и проводящей ее ЛПР, строится свой тип структуры в соответствии с данным иерархическим уровнем (оперативным, тактическим или стратегическим) принимаемых решений в данный момент времени.

Если длительность периода актуализации не превышает одного – трех дней, то есть уровень принимаемых решений относится к повседневному, текущему уровню, или *оперативному*, то степень неопределенности результатов будут незначительной. В этом случае уровень I – *неопределенное будущее*, может отсутствовать, равно как и уровень III – *состояния составляющих неопределенности будущего*, поскольку изменениями окружающей среды, а также личности субъекта активности за короткий промежуток времени зачастую можно пренебречь.

Если субъект принимает решения на *стратегическом* уровне, период актуализации результатов которых может быть довольно значительным, а вместе с ним и степень неопределенности результатов, то в структуре рисков / шансов необходимо учитывать все виды неопределенности и ни одним уровнем структуры пренебрегать нельзя. Для решений, принимаемых на *тактическом уровне*, часть уровней структуры рисков / шансов может отсутствовать, однако какие именно из них, может показать лишь содержательный анализ конкретной ситуации.

## **ВЫВОДЫ**

В данной работе приведены результаты разработки многоуровневой структуры рисков и шансов, которые возникают при принятии решений и управлении в социально экономических системах, к которым относятся и цепи поставок. Для качественной и количественной оценки и сравнения между собой рисков и шансов разработана системы критериев.

Введено важное понятие для анализа рисков и шансов, а именно период актуализации рисков и шансов, который равен промежутку времени, протекающему между моментом принятия решения и/или совершенного действия, и моментом актуализации результата и последствия. На основе установленного автором эвристического правила, согласно которому *с ростом периода актуализации растет и степень неопределенности результатов и последствий*, введены три иерархических уровня рисков и шансов – оперативный, тактический и стратегический, различающихся между собой именно длительностью периода актуализации и степенью неопределенности рисков и шансов.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Madera A.G. (2010) Risk Analysis for management of Logistics Systems, in: Logistik and Supply Chain Management: Deutsch-Russische Perspektiven: Tagungsband des 5 Deutsch - Russischen Logistics Workshop Hrsg., 2010, pp. 99-105.

# **VERKNAPPUNG UND LIMITATION ÖFFENTLICHER GÜTER – HERAUSFORDERUNGEN, PERSPEKTIVEN UND FORSCHUNGSBEDARF FÜR EINE ENGPASS-ORIENTIERTE LOGISTIK**

J. Schoenberger

*University of Bremen, Chair of Logistics, Bremen, Germany  
jsb@uni-bremen.de*

Moderne, arbeitsteilige Gesellschaften basieren auf der uneingeschränkten Verfügbarkeit öffentlicher Input-Ressourcen wie Verkehrsinfrastrukturen, um die benötigten Warentransporte durchzuführen. Darüber hinaus werden in den Leistungserbringungsprozessen Emissionen unbeschränkt freigesetzt (Output-Ressource). Aktuell wird eine Verknappung dieser Ressourcen beobachtet, denn die Aufnahmefähigkeit bestehender Verkehrsinfrastrukturen ist lokal erreicht. Zusätzlich nimmt die gesellschaftliche Forderung nach Beschränkungen des Emissionsausstoßes zu, da die ausgestoßenen Treibhausgase sowie Lärmemissionen mehr und mehr als Bedrohung wahrgenommen werden. Dieser Artikel untersucht die Limitation des Zugangs zu allgemein verfügbaren öffentlichen Ressourcen und analysiert Herausforderungen und Chancen speziellen für Logistikdienstleister, die zuallererst von der Zugangslimitation betroffen sind. Abschließend wird der Forschungsbedarf der sog. „Engpass-orientierten“ Logistik skizziert.

## **EINLEITUNG**

Produktions- und Logistikaktivitäten bilden die Grundpfeiler eines arbeitsteiligen und nachfrage-orientierten Wertschöpfungssystems. Sie überbrücken sachliche, örtliche und zeitliche Inkongruenzen zwischen der verfügbaren und benötigten Produkten bzw. Waren und synchronisieren somit Angebot und Nachfrage. Diese Synchronisationsfunktionen stellen wesentliche Voraussetzungen für sich selbst regelnde Märkte dar.

Die Logistik (d.h. der Transport und die Lagerung) strebt auf strategischer und taktischer sowie operativer Ebene die Erfüllung jeglicher Kundennachfrage an und unterstellt dabei eine unlimitierte Verfügbarkeit wichtiger Ressourcen als sog. „öffentliches Gut“ [9]. Explizit wird unterstellt, dass sowohl Input-Faktoren (beispielsweise Transportinfrastrukturen) aber auch Output-Faktoren (insbesondere Lärm- und Schadstoff-Emissionen) kostenlos oder kostengünstig und uneingeschränkt bereitgestellt werden. Lediglich die bestehende Kundennachfrage stellt dabei den limitierenden Faktor der Leistungserstellung dar. Durch eine Beschränkung der benötigten Input- oder Outputfaktoren werden jedoch die verfügbaren Ressourcen zum Engpass, so dass die logistischen Prozesse diesen Engpass möglichst effizient nutzen müssen. Daher

führt eine Limitation des Zugangs zu öffentlicher Ressourcen zu einer Neuausrichtung der Logistik weg von einer Nachfrage-orientierten und hin zu einer Engpass-orientierten Disziplin.

Dieser Artikel adressiert die grundsätzliche Forschungsfrage, welche generellen Auswirkungen eine Beschränkung des Zugangs zu öffentlichen Gütern als Input- und Outputfaktoren für das Leistungsspektrum von Dienstleistungsunternehmen in der Logistik sowie in der Produktion impliziert. Eine Begründung für die Limitation des Zugangs zu öffentlichen Ressourcen leitet diese Untersuchung ein (zweiter Abschnitt). Anschließend werden die sich aus der Zugangsbeschränkung ergebenden Herausforderungen und Chancen für Logistikdienstleister (LDL) und deren Auftraggeber aufgezeigt (dritter Abschnitt). Die Untersuchung schließt mit einer Skizze des bestehenden Forschungsbedarfs zur Realisierung einer „Engpass-orientierten Logistik“

## **ÖFFENTLICHER GÜTER: ALLMENDEPROBLEM DER LOGISTIK**

Im Rahmen der Industrialisierung erfolgten massive Investitionen in den Auf- und Ausbau von Produktionssystemen. Umfangreiche Marktnachfragen sicherten diese Investitionen ab. Bestehende relative Produktnappheiten ermöglichten hohe Deckungsbeiträge in fast allen Branchen am Markt, doch der überwiegende Teil der Gewinne verblieb bei den produzierenden Unternehmen. Den beiden verbleibenden Basisfunktionen Transport und Lagerung (traditionell als „Logistik“ bezeichnet) wurden lediglich unterstützende Funktionen für die Produktion zugeteilt.

Die Finanzierung der benötigten Infrastruktur erfolgte nicht unter Beteiligung der produzierenden Industrie als wesentlichem Nutznießer eines funktionierenden und flächendeckend angelegten Verkehrsinfrastruktursystems. Da zusätzlich militärische Gesichtspunkte den Aufbau einer leistungsfähigen Verkehrsinfrastruktur nahelegten, wurde die Sicherstellung von „Mobilität“ zu einer öffentlichen Aufgabe. Verkehrssysteme zu Land und zu Wasser wurden insbesondere in der Mitte des 20. Jahrhunderts durch einen massiven Einsatz öffentlicher Gelder aufgebaut und konsequenterweise bis auf wenige Ausnahmen der Allgemeinheit uneingeschränkt zur Verfügung stellt. Eine Internalisierung von Verkehrsinfrastrukturkosten (mit Ausnahme der zivilen Luftfahrt) wurde gesellschaftlich und politisch nicht angestrebt.

Die für produzierende Unternehmen kostenfrei verfügbaren Verkehrsinfrastrukturen sowie relativ kostengünstig verfügbare logistische Dienstleistungen führten in den letzten Dekaden zu einer weitergehenden Atomisierung von Produktionsprozessen. Wertschöpfungsketten dehnen sich räumlich immer weiter aus, um steigende Nachfragen durch die systematische Ausschöpfung von Synergieeffekten im globalen Kontext Gewinn maximierend zu befriedigen.

Aktuelle Wertschöpfungsmodelle basieren auf den beiden folgenden Grundannahmen:

- a) Die benötigte Verkehrs- bzw. Transportinfrastruktur steht jederzeit uneingeschränkt zur Verfügung.
- b) Logistische Dienstleistungen (insb. Transportleistungen) stehen unbeschränkt zur Befriedigung jeglicher Nachfrage jederzeit kostengünstig zur Verfügung.

Die angestrebte Erfüllung kundenindividueller Nachfragen ist jedoch sehr transportintensiv (Amazon, Ebay, Dell). Der Umfang der erbrachten logistischen Leistungen (ca. 10-15% Anteil der Produktkosten) steigt dadurch immer weiter an [8]. Damit einhergehend ist eine kontinuierliche Steigerung des Energieeinsatzes in der Logistikbranche zu beobachten und damit auch eine Zunahme von schädlichen Emissionen (Treibhausgase und Lärm) [8].

In der letzten Dekade sind die Kapazitätsgrenzen der vorgehaltenen Verkehrsinfrastruktur erreicht geworden. Die Aufnahmefähigkeit von Straßensystemen ist in bestimmten Netzbereichen permanent durch die Verkehrsnachfrage erschöpft. Transportzeiten verlängern sich, die Transporteffizienz nimmt ab. Eine grundlegende Behebung dieser Engpässe erscheint nicht realistisch. Die Haushaltsnotlage der öffentlichen Hand führt im Gegenteil zu steigenden Investitionsrückständen für Infrastruktursysteme. In der Konsequenz entsteht eine Verknappung des Inputfaktors „Infrastruktur“.

Trotz technologischer Innovationen steigen die aus Produktions- und Logistikprozessen resultierenden Emissionen [1]. Aus gesellschaftspolitischen Verpflichtungen wird daher eine Beschränkung der zulässigen Emissionsmengen angestrebt und im Rahmen von Zertifizierungen von Emissionsrechten [1] ansatzweise schon umgesetzt. Ziel ist es dabei, die Menge der freigesetzten Emissionen zu begrenzen. Dies führt zu einer Verknappung der Möglichkeit Emissionen freizusetzen (Verknappung des Outputfaktors „Emissionen“).

Mit der Verknappung der genannten Input- und Outputfaktoren sind die Annahmen a) und b) nicht mehr erfüllt. Eine Ausrichtung logistischer Aktivitäten allein an der 100-%-Erfüllung der vorhandenen Nachfrage ist nicht mehr möglich. Logistische Prozesse (und die vor- bzw. nachgelagerten Produktionsprozesse) müssen an den bestehenden Engpässen ausgerichtet werden, wie dies für in der Produktionsplanung vorgeschlagen wird [2], [5].

Die durch eine unlimitierte Nutzung einhergehende Erschöpfung bzw. Ausschöpfung einer eigentlich uneingeschränkt der Allgemeinheit zur Verfügung stehenden öffentlichen Ressource wird in der wissenschaftlichen Literatur u.a. in [7] behandelt und als „Allmendeproblem“ bezeichnet [10]. Eine strikte Limitation des Zugangs zu diesen Ressourcen ist die einzige Möglichkeit, den vollständigen Verlust bzw. den Untergang dieser Ressourcen zu vermeiden.

Zwei mögliche Ausprägungen dieser Zugangskontrolle sind denkbar. Einerseits können die Eigentumsrechte (neu) festgelegt werden, um nach einer Quasi-Privatisierung den neuen Besitzer zu einer Zugangskontrolle zu bewegen bzw. eine effiziente und schonende Ressourcennutzung und eine regelmäßige Ressourcenpflege zu gewährleisten. Public-Private-Partnership-Betreibermodelle [5] für deutsche Autobahn(abschnitte) stellen Beispiele dar, in denen die ehemals öffentliche Ressource Autobahn zu einem privatwirtschaftlichen Investitionsobjekt wird und dieses entsprechend zur Sicherung der Amortisation der privaten Investition durch den Eigentümer kontrolliert und unterhalten wird.

Die zweite mögliche Ausprägung einer Zugriffskontrolle benötigt keine Privatisierung. Vielmehr werden bestimmte Nutzungen prinzipiell untersagt oder es wird ein Nutzungsentgelt erhoben mit dem Ziel einer marktähnlichen Selbstregulierung der Inanspruchnahme der knappen Ressourcen.

Die tatsächlich beschränkte Verfügbarkeit von Infrastrukturen (Inputfaktoren) sowie die gesellschaftlich gewollte Limitation der Emissionen (Outputfaktoren) muss in einer Abkehr von der reinen Nachfrage-Orientierung der Logistik hin zu einer Engpass-bezogenen Bewirtschaftung knapper Ressourcen resultieren. Insbesondere sind die Kosten für die Infrastrukturnutzung sowie für Emissionen zu internalisieren, um sie bei der Gestaltung von materiellen Produkten und Dienstleistungen angemessen berücksichtigen zu können.

## **KONSEQUENZEN DER LIMITATION ÖFFENTLICHER RESSOURCEN**

Die Zugangsbeschränkung bzw. Kontrolle öffentlicher Ressourcen wird als adäquates (und einziges) Mittel angesehen, um langfristig die Verfügbarkeit knapper Input- und Outputfaktoren sicher zu stellen. Die Knappheit dieser Faktoren muss im Ressourcen-Management der LDL explizit berücksichtigt werden. Dies stellt die LDL vor neue Herausforderungen, bietet aber auch Chancen und Perspektiven.

### *Herausforderungen für Logistikdienstleister*

Eine wesentliche zusätzliche Kernaufgabe der LDL stellt zukünftig die (pro)aktive Akquirierung und Bereitstellung der limitierten Input- und Outputfaktoren dar. In Anlehnung an den erwarteten Bedarf, der sich aus zukünftigen Kundennachfragen ergibt, muss ein ausreichender Ressourcenzugang vor der Leistungserstellung sichergestellt werden.

LDL aber auch produzierende Unternehmen als fokale Mitglieder von Wertschöpfungsketten stehen in Zukunft nicht nur auf der Absatzseite in direkter Konkurrenz zueinander. Auch auf der Beschaffungsseite treten LDL prinzipiell als Konkurrenten bei der Nachfrage nach knappen Ressourcen auf.

Zumindest bei „besonders wertvollen Ressourcen“ wie Autobahnnutzungen zur Hauptverkehrszeit ist es im Rahmen von „Dynamic Congestion Charges“ [10] durchaus möglich, dass nicht alle expliziten Zuteilungswünsche (zu erwarteten Kosten) erfüllt werden können.

Für beschaffte aber nicht genutzte oder benötigte Input- oder Outputfaktoren kann eine Weitergabe der Nutzungsrechte an konkurrierenden Unternehmen stattfinden, so dass „Coopetition“ - Situationen [2] entstehen, bei denen im Wettbewerb stehende Unternehmen eingeschränkt kooperieren. Andererseits kann ein Ressourcenkauf mit anschließender Nichtnutzung zielgerichtet auch zur Schädigung von Wettbewerbern genutzt werden.

Sollte die Preisbildung für den Bezug von Nutzungsrechten an öffentlichen Ressourcen von deren Auslastung abhängen, so ist aufgrund der erwarteten Auslastungsschwankungen mit schwankenden Ressourcennutzungs-Preisen für die LDL zu rechnen. Zusätzliche Herausforderungen für die LDL ergeben sich aus der Notwendigkeit, dass sich LDL gegen Preissteigerungen langfristig absichern müssen, so wie sich beispielsweise Fluggesellschaften gegen Treibstoffpreis-Steigerungen absichern.

Langfristig werden LDL die durch die Internalisierungskosten entstehenden zusätzlichen Aufwendungen nicht kompensieren können oder wollen, so dass diese Kosten an die Auftraggeber weitergegeben werden müssen. Das oben erläuterte Verständnis der Wertigkeit von logistischen Dienstleistungen erschwert die Weitergabe der Kosten an die Verlager.

Gemeinsam mit der produzierenden Wirtschaft ist die Vorteilhaftigkeit aktuell praktizierter produktionssynchroner Ver- und Entsorgungskonzepte für produzierende Standorte (u.a. Just-In-Time-Ansätze) zu überprüfen. Bisherige Kostenvorteile einer produktionssynchronen Anlieferung in Just-In-Time-Szenarien gegenüber einer Lagerung vor Ort können sich bei der Berücksichtigung internalisierter Infrastruktur- bzw. Emissionskosten reduzieren oder gar aufgehoben werden. Ebenso ist zu analysieren, ob Arbeitskostenunterschiede zwischen verschiedenen Regionen durch zusätzliche Logistikkosten aufgehoben werden, so dass ggf. über eine Rückverlagerung von Produktionsstätten in die Nähe wichtiger Absatzmärkte diskutiert werden muss.

#### *Perspektiven und Chancen für Logistikdienstleister*

Für Erbringer logistischer Leistungen impliziert die exogen determinierte Ressourcenverfügbarkeit eine erhöhte Dynamik. Für Unternehmen, die diese Dynamiken verstehen und aus diesen Dynamiken Mehrwert schaffen können, eröffnet die Engpass-orientierte Logistikkonzeption neue Möglichkeiten, Geld zu verdienen. Diese Unternehmen treten ähnlich wie sog. 3PL („Third Party Logistics Providers“) sowohl als konkurrierende Leistungserbringer mit eigenen Assets auf oder beschränken sich wie sog. 4PL's („Fourth Party Logistics

Providers“) auf die Zusammenstellung von Leistungspaketen anderer Dienstleister, ohne eigene Assets zur Leistungserstellung einzusetzen.

LDL müssen investieren, um den neuen Herausforderungen begegnen zu können. Darüber hinaus verursachen Beschaffungstransaktion für Input- oder Outputfaktoren bei den LDL zusätzliche Kosten. Verschiedene LDLs können sich zu „Einkäufergemeinschaften“ zusammenschließen und ein beauftragter LDL tritt dann als „Ressourcen-Broker“ auf und kann aufgrund des umfangreichen gebündelten Nachfragevolumens ggf. besondere Bezugsbedingungen gegenüber den Ressourcen-verwaltenden Stellen erzielen und dadurch „Economies of Scale“ generieren.

Schwankungen der Ressourcenpreise stellen für die betroffenen Unternehmen große Herausforderungen dar. Andererseits eröffnen sich auch neue Möglichkeiten, durch die systematische Suche und Akquisition von niedrig bepreisten Ressourcen kostengünstige „Discount-Produkte“ zu definieren und anzubieten. Bei diesen Discount-Produkten müssen die Kunden eines LDL natürlich Kompromisse in der Leistung eingehen (z.B. beim Zeitpunkt der Leistungserbringung) aber die logistischen Kernleistungen können dennoch kostengünstig angeboten werden. Im Endeffekt wird es einem LDL ermöglicht, das von ihm angebotene Produktportfolio in nachvollziehbarer Weise zu differenzieren und dadurch ggf. auch bisher nicht adressierte Kundengruppen zu erschließen.

## **ENGPASS-ORIENTIERTE LOGISTIK: FORSCHUNGSBEDARF**

Die Voraussetzungen und Folgen der Ausrichtung logistischer Aktivitäten an knappen Ressourcen sind bisher kaum erforscht. Da die Logistik einerseits eine betriebliche Querschnittsfunktion besitzt und andererseits massiv verschiedene Technologien in der Wertschöpfung nutzt, müssen die grundlegenden Forschungen zur Engpass-Orientierung interdisziplinär erfolgen, um ein belastbares und realisierbares Gesamtkonzept für eine „Engpass-orientierte“ Logistik bereitstellen zu können.

### *Politische und Juristische Fragestellungen*

Die Kontingentierung ehemals öffentlicher Güter erfordert eine gesellschaftliche Entscheidung, wer unter welchen Bedingungen in welchem Umfang Zugang zu den kontingentierten Ressourcen erhält. Insbesondere ist zu überprüfen, ob und in welchem Umfang steuerfinanzierte Infrastrukturen privatisiert werden können bzw. welche Grundgesetzänderungen etc. dafür notwendig sind. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass die dann eingesetzten Zugriffskontrollsysteme nicht missbraucht werden können.

Um Rechtssicherheit für den Handel sowie die Nutzung von Zertifikaten bzw. Kontingenten öffentlicher Ressourcen zu erhalten, sind parallel zu den technologischen Konzepten belastbare Gesetze zu entwickeln. In diesem

Zusammenhang muss insbesondere reguliert und festgeschrieben werden, welche Rechte und Pflichten mit der Inbesitznahme öffentlicher Ressourcen verbunden sind.

#### *Forschungsbedarf in den physikalisch-technischen Disziplinen*

Umfassende Systeme für eine Überwachung des Zugangs und der Nutzung der knappen Ressourcen müssen erforscht werden. Analog zu den Mautstationen auf den Autobahnen sind Technologien für Systeme zu entwickeln, die eine flächendeckende und umfassende Zugriffskontrolle der zugangsbeschränkten Input- sowie Output-Faktoren sicherstellen. Sensortechnologien sowie Datenübermittlungstechnologien müssen in diesem Zusammenhang entwickelt und erprobt werden.

#### *Prozessorientierter Forschungsbedarf in den Ingenieurwissenschaften*

Produkte sowie Produktionstechnologien, die sich an die verfügbaren Ressourcen situationsspezifisch adaptieren, sind zu erforschen. Dabei ist zu untersuchen, wie weit es einem Produktionssystem möglich ist, bei nicht ausreichend vorhandenen Ressourcen zwischen für den Kunden äquivalenten Produkten zu wechseln (Adaption des Produktionsprozesses). Es ist auch zu analysieren, welche Auswirkungen eine solche Adaption beispielsweise auf Produktionszeiten sowie Kosten hat (falls beispielsweise aufgrund zu geringer Emissionskontingente von einem Herstellungsmodus A in einen emissionsärmeren aber dafür teureren Herstellungsmodus B gewechselt werden muss).

#### *Betriebswirtschaftliche Aspekte*

Für das Gewinn maximierende Management von knappen Ressourcen müssen LDL Konzepte und Methoden für eine Allokation knapper Ressourcen zu Kundenanfragen entwickeln. Es ist zu überprüfen ob und ggf. in welchem Umfang die bestehenden Ansätze, die im Revenue Management untersucht werden, den Anforderungen einer Engpass-orientierten Logistik genügen. Im Rahmen der Forschungen zur Produktionswirtschaft und zum Dienstleistungsmanagement ist zu erforschen, welche Preiselastizitäten sich aus der zunehmenden Dynamik der Prozessverfügbarkeit ergeben können und müssen bzw. dürfen. Aus Kreislaufwirtschaftsaspekten ist zu erforschen, ob beispielsweise Recycling-Ansätze zu einer „Wiederauffrischung“ von Ressourcennutzungsrechten führen können.

#### *Forschungsbedarf in der Mathematik und in der Informatik*

Die gewünschte Beschränkung des Gesamtumfangs der zur Verfügung stehenden kontrollierten Input- und Output-Ressourcen führt dazu, dass ggf. nicht alle Nutzungswünsche zeitnah realisiert werden können und daher Anfragen zurückgewiesen bzw. nach Rücksprache mit den Anfragstellern auf alternative Nutzungsperioden verschoben werden müssen. Dadurch entsteht eine

sich immer weiter fortpflanzenden Dynamik des Preises für die Ressourcennutzung, die wiederum auf die Nachfrage einwirkt. Mit Hilfe analytisch-mathematischer Verfahren ist zu erforschen, in welchen Grenzen die Stabilität des Gesamtsystems für den Ressourcenhandel gewährleistet bleibt bzw. unter welchen Voraussetzungen ein solches Handelssystem zusammenbrechen würde. In diesem Zusammenhang sind daher Sicherheits- und Monitoring-Mechanismen zu konzipieren und zu implementieren, die ein Handelssystem für Nutzungsrechte schützen.

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Dieser Aufsatz untersuchte Auswirkungen einer Limitation bzw. Kontrolle des Zugriffs auf öffentliche Güter. Zunächst wurde untersucht, warum es zu einer Verknappung dieser Input- und Outputfaktoren für LDL kommt. Die Präsentation von sich aus der Verknappung ergebenden Herausforderungen für LDL aber auch die sich ergebenden Chancen schloss sich an. Der Artikel skizzierte abschließend den disziplinen-übergreifenden Forschungsbedarf, der sich aus der Verknappung der öffentlichen Güter für die Nutzung durch LDL ergibt.

## **LITERATUR**

1. Aberle, G. Transportwirtschaft. München: Oldenbourg Verlag, 5. Auflage, 2009
2. Brandenburger, A.M., Nalebuff, B.J.: Coopetition: kooperativ konkurrieren ; mit der Spieltheorie zum Geschäftserfolg, 4., vollst. überarb. Auflage, Eschborn: Rieck, 2009
3. Buzacott, J.A., Corsten, H., Gössinger, R. and Schneider H.M. Produktionsplanung und –steuerung, München: Oldenbourg Verlag, 2010
4. European Commission, EU energy and transport in figures 2010. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010
5. Gerstlberger, W., Schneider, K. Öffentlich Private Partnerschaften. Zwischenbilanz, empirische Befunde und Ausblick, Berlin: Edition Sigma, 2008
6. Goldratt, E.M.: What is this thing called Theory of Constraints and how should it be implemented?, New York, The North River Press, 1990
7. Hardin, G.: The Tragedy of the Commons. In: Science, Vol. 162, 1968, S. 1243-1248
8. Mantzos, L., Capros, P. und Zeka-Paschu, M. European Energy and Transport Trends to 2030. European Commission, 2003
9. Richter, R. und Furubotn, E.G. Neue Institutionenökonomik. Tübingen: Moor, 1996.
10. Wie, B. und Tobin, R.L. Dynamic congestion pricing models for general traffic networks, in: *Transportation Research Part B*, Vol. 32 (5), 1998, S. 313-327.
11. Wolf, S. Die Allmendeproblematik. Über kollektive Handlungen, die Probleme und die Lösungen. München: GRIN Verlag, 2005

# УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИМ РИСКАМИ В ТАМОЖЕННОЙ СФЕРЕ

Е.А. Смирнова

*Санкт-Петербургский государственный университет экономики и  
финансов  
sam948@mail.ru*

**Аннотация:** в статье рассматривается типология логистических рисков в таможенной сфере и их влияние на осуществление таможенной деятельности участниками глобальных цепей поставок, таможенными органами и коммерческими таможенными посредниками. Рассмотрены наиболее распространенные методы оценки рисков в таможенной сфере, к которым относятся: статистический и аналитический методы, а также метод экспертных оценок.

## LOGISTICS RISK MANAGEMENT IN CUSTOMS SPHERE

**Elena Smirnova**

*Saint-Petersburg State University of economics and finance  
E-mail: sam948@mail.ru*

### **The purpose of the article**

to show special features of logistic risk management in customs activity: risk management system, typology of customs logistic risks and basic methods of their evaluation.

### **Research method**

is based on principles of systematic approach and logic stimulation of interaction among participants of global supply chain, customs body and commercial customs agents.

### **Main findings**

of the article display how logistic risk management in customs activity leads to decrease of negative impact while conducting customs activity by participants of global supply chain; improves the quality of customs agents' services; increases the level of Russian economic security in general.

### **Practical value**

Practical significance of the article lies in examination of basic evaluation methods of customs logistic risks and area of their use. Statistical method is evaluation method of next period volume dynamics based on current statistical data for identification of receipt/deficiency of planned deferred revenues/deferrals. Statistical method of risk evaluation in customs activity is used, in particular, during foreign trade turnover dynamics evaluation. Analytical methods in customs activity are adopted during evaluation of delivery reliability of imported and exported goods in global supply chain.

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Неопределенность, присущая глобальной экономике, может быть значительно выше, чем на национальном уровне, поэтому глобальные цепи поставок должны быть спроектированы таким образом, чтобы, с одной стороны, ограничить неопределенность настолько, насколько это возможно, а с другой, – в случае, если эта неопределенность возникает, продолжать эффективно функционировать. На неопределенность существенное влияние оказывает спрос, сроки поставок, уровни товарных запасов и заказов, производственные возможности, время транспортировки, природные и человеческие факторы и т.д. Для того чтобы избежать этого и обеспечить высокие уровни обслуживания при низких уровнях запасов, необходимо устранить источники нестабильности и неопределенности в глобальной цепи поставок.

Для того чтобы снизить нестабильность и неопределенность в глобальной цепи поставок, необходимо определить и устранить «узкие места», т.е. снизить риски, связанные, в первую очередь, с процессом перемещения товаров и транспортных средств через таможенную границу.

## **2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТАМОЖЕННОЙ СФЕРЕ**

Независимо от субъектного и объектного состава, эффективное управление рисками в таможенной сфере невозможно без внедрения таможенных логистических инноваций, одной из которых является система управления рисками (СУР), которая базируется на принятой

К основным нормативно-правовым документам, определяющим принципы и основные направления деятельности таможенных органов в области управления рисками относятся:

- Международная конвенция об упрощении и гармонизации таможенных процедур (Конвенция Киото) в редакции 26.06.1999 г.;
- Таможенный кодекс Таможенного союза (ТК ТС) от 01.07.2010г.;
- Федеральный закон РФ № 311 «О таможенном регулировании в РФ» от 27.11.2010г.;
- Приказ ГТК РФ №1069 «Концепцией системы управления рисками в таможенной службе РФ» от 26.09.2003 г.

Кроме того, система управления рисками основывается на стандартах ВТО, к которым относятся:

1. Сокращение времени таможенного декларирования.
2. Прозрачность и предсказуемость работы таможенных органов.
3. Партнерский подход в отношениях между таможенными органами и участниками глобальных цепей поставок.

ТК ТС в 127 статье определяет риск как степень вероятности несоблюдения таможенного законодательства Таможенного союза и законодательства государств-членов ТС. В Российской Федерации согласно статье 162 ФЗ «О таможенном регулировании в РФ», стратегию и

тактику применения системы управления рисками, порядок сбора и обработки информации, проведения анализа и оценки рисков, разработки и реализации мер по управлению рисками определяет ФТС России.

Управление рисками представляет систематическую работу по разработке и практической реализации мер по предотвращению и минимизации рисков, оценке эффективности их применения, а также контролю за совершением таможенных операций.

Основной целью системы управления рисками является применение форм таможенного контроля для определения товаров, транспортных средств международной перевозки, документов и лиц, осуществляющих деятельность в таможенной сфере.

Помимо этого к целями применения системы управления рисками относятся:

- обеспечение мер по защите национальной безопасности государств-членов ТС, жизни и здоровья человека, по охране окружающей среды в пределах компетенции таможенных органов;
- обеспечение эффективного использования имеющихся в распоряжении таможенных органов ресурсов и сосредоточение внимания на областях повышенного риска;
- выявление, прогнозирование и предотвращение нарушений таможенного законодательства ТС и законодательства государств-членов ТС имеющих устойчивый характер и связанных с уклонением от уплаты таможенных пошлин, налогов в размерах, подрывающих конкурентоспособность товаров ТС и затрагивающих другие виды контроля, обеспечение соблюдения которых возложено на таможенные органы;
- ускорение при проведении таможенных операций при перемещении товаров через таможенную границу.

Система управления рисками в таможенной сфере направлена на выполнение следующих задач:

- формирование информационной базы данных системы управления рисками в таможенной сфере;
- анализ и оценка рисков, в том числе систематическое определение объектов анализа рисков и их индикаторов, с целью принятия мер по их предотвращению и минимизации;
- разработку и реализацию практических мер по управлению рисками в таможенной сфере с учетом вероятности их возникновения и возможных последствий;
- сбор, анализ и обработку информации об эффективности принятых мер по минимизации рисков и результатах применения к конкретным товарам и/или транспортным средствам при различных формах таможенного контроля на постоянной основе.

К объектам анализа риска относятся:

- товары, находящиеся под таможенным контролем или помещенные под таможенную процедуру выпуска для внутреннего потребления;
- транспортные средства международной перевозки;
- сведения, содержащиеся во внешнеэкономических договорах купли-продажи или мены, соглашениях и других документах на право владения, пользования и распоряжения товарами;
- сведения, содержащиеся в транспортных/перевозочных, коммерческих, таможенных и иных документах;
- деятельность декларантов, а также других лиц, обладающих полномочиями в отношении товаров, находящихся под таможенным контролем;
- результаты применения форм таможенного контроля.

Область риска представляет собой отдельные сгруппированные объекты анализа риска, в отношении которых требуется применение тех или иных форм таможенного контроля при осуществлении таможенного администрирования.

Под индикатором риска понимается совокупность определенных критериев с заранее заданными параметрами, отклонение от которых или соответствие которым позволяет осуществлять выбор объекта контроля.

Одним из базовых понятий системы управления рисками является понятие профиля риска – совокупности сведений об области риска, индикаторах риска, а также указания о применении необходимых мер по предотвращению или минимизации риска.

При этом информация о содержании профилей и индикаторов риска является конфиденциальной и предназначена только для использования таможенными органами.

Примерная структура профиля риска может выглядеть как:

1. Общие сведения: номер, срок действия и т.д.
2. Сведения об области риска:
  - индикаторы риска (стоимость, вес, объем, количество и т.д.);
  - таможенный орган, осуществляющий таможенные операции с товарами;
  - содержание внешнеторгового контракта; избранная таможенная процедура; вид транспорта международной перевозки и т.д.
3. Меры по минимизации риска: указания о применении мер по минимизации риска; тип таможенного досмотра.
4. Контактная информация: контактное лицо; лицо, ответственное за проект профиля.

### **3. ТИПОЛОГИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ РИСКОВ В ТАМОЖЕННОЙ СФЕРЕ**

Типология логистических рисков в таможенной сфере базируется на применении рассмотренной выше системе управления рисками, непосредственными участниками которой являются: таможенные органы;

участники глобальных цепей поставок; коммерческие посредники, осуществляющие свою деятельность в таможенной сфере.

Управление рисками в таможенной сфере направлено на защиту, предупреждение или сокращение неблагоприятных последствий при осуществлении таможенных операций. По объектно-субъектному составу все таможенно-логистические риски можно разделить на следующие группы, представленные в табл.1. Согласно этой таблице субъектами логистических рисков в таможенной сфере будут выступать участники глобальных цепей поставок, таможенные органы и коммерческие таможенные посредники. Все объекты таможенно-логистических рисков можно разделить в зависимости от вида управляемого потока: материального, информационного и финансового.

Для участников глобальных цепей поставок управление таможенно-логистическими рисками связано, прежде всего, с перемещением товаров через таможенную границу, в том числе при таможенном транзите товаров. В этом случае таможенно-логистические риски возникают при непосредственном перемещении товаров через пункты пропуска на таможенной границе. При этом наиболее распространенной проблемой являются очереди на границах, вследствие чего участники глобальных цепей поставок вынуждены тратить время на ожидание от нескольких часов до нескольких дней. Это негативно сказывается как на производственных процессах, вплоть до остановки производства, так и на процессах обращения для торговых предприятий вплоть до штрафных санкций, при невыполнении условий поставки по контракту.

Определенные риски возникают и при временном хранении товаров. Временное хранение товаров – это хранение иностранных товаров под таможенным контролем до их выпуска таможенными органами в соответствии с заявленной таможенной процедурой. При этом владелец товаров не вправе распоряжаться товарами, находящимися на временном хранении в течение всего периода их декларирования, включая уплату таможенных платежей. Т.к. временное хранение является платной процедурой, то любая задержка при декларировании товаров влечет за собой как временные, так и финансовые потери.

Для таможенных органов управление таможенно-логистическими рисками реализуется в процессе выполнения двух основных функций:

- фискальной, связанной с наполнением доходной части федерального бюджета путем взимания таможенных платежей при перемещении товаров и транспортных средств через таможенную границу РФ;
- регулятивной, направленной на защиту экономических интересов государства посредством разработки и реализации порядка перемещения товаров и транспортных средств через таможенную границу РФ, осуществления таможенного и посттаможенного контроля.

Таблица 1 Типология логистических рисков в таможенной сфере

Объекты рисков / Субъекты рисков	Участники глобальных цепей поставок	Таможенные органы	Коммерческие таможенные посредники
Риски, возникающие при управлении материальными потоками	<ul style="list-style-type: none"> <li>- риски, возникающие при перемещении товаров через таможенную границу;</li> <li>- риски, возникающие при таможенном транзите товаров;</li> <li>- риски, возникающие при помещении товаров под процедуру временного хранения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- риски, связанные с незаконным перемещением товаров через таможенную границу;</li> <li>- риски, связанные с выборочностью таможенного контроля</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- риски, связанные с изменением рыночной конъюнктуры;</li> <li>- риски, связанные с изменением таможенной инфраструктуры</li> </ul>
Риски, возникающие при управлении информационными потоками	<ul style="list-style-type: none"> <li>- риски, связанные с декларированием товаров;</li> <li>- риски, связанные с декларированием транспортных средств международной перевозки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- риски, связанные с уменьшением времени на таможенное декларирование товаров;</li> <li>- риски, связанные с внедрением систем предварительного информирования и электронного декларирования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- риски, связанные с несовершенством информационной базы;</li> <li>- риски, связанные с изменением законодательства, в первую очередь, таможенного законодательства;</li> </ul>
Риски, возникающие при управлении финансовыми потоками	<ul style="list-style-type: none"> <li>- риски, связанные с уплатой таможенных платежей при декларировании товаров;</li> <li>- риски, связанные с возвратом ранее уплаченных сумм таможенных платежей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- риски, связанные с полнотой и своевременностью уплаты таможенных платежей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- риски, связанные с внесением обеспечения уплаты таможенных платежей за осуществление деятельности в качестве таможенных посредников</li> </ul>

Для коммерческих таможенных посредников управление таможенно-логистическими рисками направленно, прежде всего, на управление инфраструктурными рисками. Их наличие связано с внедрением концепции переноса таможенного оформления и таможенного контроля товаров в места, приближенные к государственной границе РФ, принятой 29.08.2008 года. При ее реализации, таможенные посредники будут вынуждены переносить свой бизнес из крупных региональных центров, где они сейчас расположены, на границы, что повлечет за собой расходы,

ставящие под вопрос целесообразность дальнейшей работы на этом рынке. Помимо инфраструктурных рисков, особое внимание необходимо уделить постоянно меняющейся нормативно-правовой базе таможенного дела, что связано с интеграцией РФ в мировую торговлю. Речь идет о вступлении РФ в ВТО и Таможенный союз между Россией, Казахстаном и Белоруссией, вследствие чего возрастает конкуренция со стороны иностранных участников рынка, приводящая к снижению цен на предоставляемые таможенными посредниками услуги.

Т.о. управление логистическими рисками в таможенной сфере представляет систематическую работу по разработке и практической реализации мер по предотвращению и минимизации рисков, оценке эффективности их применения, а также контролю за совершением таможенных операций.

#### **4. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ В ТАМОЖЕННОЙ СФЕРЕ**

Существуют различные методы выявления, анализа и оценки рисков. Большинство из них базируется на использовании информации, основными источниками которой в таможенной сфере являются:

- нормативно-правовые акты;
- статистическая база данных таможенных органов;
- статистическая база данных других государственных органов;
- информация, полученная от физических и юридических лиц (годовая отчетность, обращения, жалобы и т.д.);
- информация, полученная оперативным путем (результаты служебных проверок, оперативно-разыскных мероприятий);
- информация, полученная из периодической печати и других СМИ, в том числе и из Интернет-источников.

Наиболее распространенными методами оценки рисков в таможенной сфере являются статистический метод, аналитический метод и метод экспертных оценок.

Статистический метод представляет собой метод оценки динамики объемов в будущем периоде на основе имеющейся статистической информации с целью определения вероятности получения/неполучения запланированных объемов (прибыли, ущерба и т.д.). Статистический метод оценки рисков в таможенной сфере используется, в частности, при анализе динамики показателей внешнеторгового оборота.

Для более детального анализа данных показателей необходимо рассчитать коэффициент вариации, который позволяет достаточно точно определить степень стабильности динамического ряда. Степень стабильности (устойчивости) статистических рядов в динамике принято рассматривать как категорию противоположную колеблемости, т.е. о ней можно судить по уровню их относительной колеблемости вокруг среднего значения. Коэффициент вариации может изменяться от 0 до 100 %. Соответственно,

чем меньше значение коэффициента вариации, тем выше устойчивость (стабильность) динамического ряда.

Значение коэффициента вариации характеризует колеблемость динамического ряда:

- коэффициент вариации ниже 10 % - колеблемость слабая;
- коэффициент вариации находится в интервале от 10 % до 25 % - колеблемость средняя;
- коэффициент вариации превышает 25 % - колеблемость высокая.

Коэффициент вариации рассчитывается путем деления среднего квадратического отклонения (стандартного отклонения) на среднее арифметическое значение ряда:

$$k_{\text{в}} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (1)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение) показателей динамического ряда;

$\bar{x}$  – среднее арифметическое значение ряда.

Среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение) можно вычислить по формуле:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2)$$

где  $x_i$  – значения статистического ряда;

$n$  – число членов ряда.

Если объем используемой информации ограничен, то для оценки риска применяется аналитический метод. Он базируется на функциях распределения вероятностей, таких как нормальное распределение (распределение Гаусса), показательное (экспоненциальное) распределение вероятностей, распределение Пуассона и т.д.

Аналитические методы в таможенной сфере нашли свое применение при оценке надежности поставок импортной или экспортной продукции в глобальных цепях поставок.

Метод экспертных оценок, основанный на обобщении мнений специалистов-экспертов, применяется в том случае, если информация об изучаемом объекте или процессе, либо полностью отсутствует, либо имеется в недостаточном для достоверного анализа объеме. Достоинством этого метода является то, что он позволяет быстро, без больших временных и финансовых затрат получить оценку (зачастую достаточно точную) изучаемых явлений. Так как информация, связанная с осуществлением таможенной деятельности, зачастую носит конфиденциальный характер и относится к государственной или коммерческой тайне, метод экспертных оценок получил широкое

распространение в таможенной сфере. Основываясь на этом методе можно оценить структуру рынка таможенных услуг, провести сравнительных анализ применения тех или иных схем перемещения товаров через таможенную границу и т.п.

В целом система управления рисками в таможенной сфере связана с созданием комплекса автоматизированных и автоматических информационно-аналитических систем, позволяющих выявлять и снижать риски в таможенной сфере.

## **5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для того чтобы снизить или полностью устранить возможные потери от наступления неблагоприятных событий, необходимо разработать систему, способную предотвращать наступления рисков – систему управления рисками (риск-менеджмент). В целом управление рисками или риск-менеджмент можно определить как деятельность, направленную на защиту, предупреждение или сокращение неблагоприятных последствий при осуществлении какой-либо деятельности.

Управление логистическими рисками в таможенной сфере направлено, прежде всего, на снижение неблагоприятных воздействий при ведении внешнеэкономической деятельности участниками глобальных цепей поставок, на рост уровня качества предоставляемых услуг таможенными посредниками и, что немаловажно, на повышение уровня экономической безопасности в целом для РФ.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика. Интегрированная цепь поставок. - М.:Изд. ЗАО «ОЛИМП-БИЗНЕС», 2010. 642 с.
2. Иванов Д.А. Управление цепями поставок. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2009. – 660 с.
3. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок. Пер. с англ.- СПб.: Питер, 2004. 316с.
4. Основы логистики: Учебник для вузов / Под ред. В.В. Щербакова.- СПб.: Питер, 2009. - 432с.
5. Парфёнов А.В., Смирнова Е.А. Таможенное посредничество: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2012. – 123 с.
6. Сток Дж. Р., Ламберт Д. М. Стратегическое управление логистикой. Пер. с англ. 4-е изд. - М.: ИНФРА-М, 2005. 797с.
7. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: Пер. с англ. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
8. Ценина Т.Т., Нос В.А. Риски в коммерческой деятельности: Учебное пособие. – СПб: СПбГУЭФ, 2006. – 159 с.

# **УПРАВЛЕНИЕ ОБОРОТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ**

А.Г. Бутрин, Ю.В. Бутрина

*Южно-Уральский государственный университет  
butrin\_ag@mail.ru*

В условиях нарастания интеграционных процессов ключевые резервы повышения эффективности управления оборотными средствами промышленных предприятий заключаются в использовании инструментария концепции SCM. В настоящей статье приведены методы идентификации и оптимизации затрат по стадиям кругооборота оборотных средств и управления фондами обращения в концепции аутсорсинга. Данная статья подготовлена в рамках гранта Минобразования и науки РФ 2012-2014 гг. «Организационно-экономическое обеспечение ресурсосберегающего инновационного развития предприятия»

## **CURRENT ASSET MANAGEMENT AT THE STAGE OF CIRCULATION WITHIN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

**Andrei Butrin, Julia Butrina**

*Sothorn Ural State University*

*E-Mail: butrin\_ag@mail.ru*

In increasing integration key reserves for growth efficiency of current asset management within industrial enterprise are use of concept SCM's tools. This article describes means of identification and cost optimization at the stages of current asset circulation and current asset management within concept of outsourcing. This article prepared under the grant Ministry of Education and Science of the Russian Federation in 2012 – 2014 «Economic-organizing support of resource-saving innovation development of enterprise».

### **ВВЕДЕНИЕ**

Сегодня, в условиях протекания интеграционных процессов, ключевой задачей развития большинства предприятий становится обеспечение адаптивности, устойчивости, конкурентоспособности, эффективности. Существенные резервы здесь заключены в использовании инструментария логистики и концепции SCM, предполагающего интегрированное управление поставщиками, перевозчиками, производителями, дилерами, дистрибьюторами и потребителями как единым целым. Важнейшим аспектом при организации оптимального экономического потока в цепи является формирование оптимальных параметров оборотных средств по стадиям их расширенного кругооборота, охватывающего поставщика

материальных ресурсов начального уровня и потребителя продукции конечного уровня. Целью является разработка методов управления затратами в процессе кругооборота оборотных средств интегрированных участников и управления в концепции аутсорсинга. Объектом исследования является промышленное предприятие – производитель как фокусная компания в цепи поставок. Предметом исследования являются организационно-экономические отношения, возникающие в процессе управления оборотными средствами по стадиям их кругооборота.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Экономические аспекты логистики рассмотрены в работах В.И. Сергеева, В.Н. Дыбской, О.Д. Проценко, Д.Т. Новикова, Н.К. Моисеевой, Л.Б. Миротина, А.Г. Некрасова, Д.А. Иванова, В.С. Лукинско, С.А.Уварова, В.В. Щербакова, Д. Дж. Клосса, Д. Дж. Бауэрскса, М. Кристофера, Д. Уотерса и др. Ключевым экономическим аспектом логистики и SCM являются вопросы формирования оптимальных значений параметров оборотных средств интегрированных участников. Анализ современного состояния управления затратами позволил установить, что недостаточно проработаны теоретическая и методическая базы идентификации и расчетов всех видов затрат (классические, логистические, транзакционные затраты зачастую дублируются, что не позволяет проводить надежное управление оборотными средствами в стадиях снабжения, производства и реализации готовой продукции происходит локально, что снижает эффективность предприятия; не проработаны вопросы построения эффективных цепей затрат в зависимости от характера кругооборота оборотных средств; не проработаны методы управления оборотными средствами в концепции аутсорсинга, адекватно отражающие современные интеграционные процессы в промышленности и предполагающие расширение традиционных границ кругооборота оборотных средств. Актуальность и практическая значимость указанной проблемы определили выбор темы настоящего исследования, постановку целей и задач, содержание.

## **ОПИСАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

*1. Раскрыты организационно-экономическая сущность и особенности затрат, возникающих на стадиях кругооборота оборотных средств производителя, находящегося в стадии квазиинтеграции с поставщиками материальных ресурсов и потребителями готовой продукции, и разработан метод их оптимизации.* В начале XXI века интегральная парадигма управления породила новую идеологию управления – Supply Chain Management (SCM) – управление цепями поставок [4]. В контексте нашего исследования SCM направлена на формирование эффективных цепей затрат, возникающих на стадиях кругооборота оборотных средств производителя, квазиинтегрированного с поставщиками материальных

ресурсов и потребителями готовой продукции. Новая концепция потребовала переосмысления сущности затрат, возникающих на стадиях кругооборота оборотных средств производителя, квазиинтегрированного с поставщиками ресурсов и потребителями. Мы считаем целесообразным придерживаться следующих определений:

- классические затраты предприятия – расход материальных, трудовых, финансовых, информационных ресурсов в стоимостном выражении;
- логистические затраты (издержки) – затраты, возникающие в ходе осуществления меж- и внутрифирменных логистических операций;
- потери – все, что увеличивает стоимость готового продукта без повышения его потребительской ценности;
- логистические потери – упущенная выгода вследствие отклонений фактических от оптимальных значений меж- и внутрифирменных логистических параметров в стадиях снабжения, производства и реализации готовой продукции;
- транзакционные затраты - затраты на квазиинтеграцию и потери от рассогласования интересов [3].

Разработан метод оптимизации затрат на стадиях кругооборота оборотных средств промышленного предприятия. В отличие от существующих, он, во-первых, применим в условиях квазиинтеграции производителя и его контрагентов по кругообороту оборотных средств; во-вторых, основывается на выявленных классических, транзакционных и логистических затратах и исключает их дублирование; во-третьих, учитывает разные схемы формирования кругооборота оборотных средств в условиях изменчивой внешней среды; в-четвертых, ориентирован на определение и достижения соответствия подсистемы оборотных производственных фондов подсистеме фондов обращения.

Целесообразно выделять три принципиальные схемы кругооборота оборота средств в зависимости от характера спроса а готовую продукцию: во-первых, быструю реализацию продукции со склада потребителю с предоставлением ему отсрочки оплаты; во-вторых, отложенную реализацию продукции под заказ и предоплату от покупателя; в-третьих, сочетание первых двух способов. Имеем оптимизационную задачу: найти продолжительность кругооборота оборотных средств квазиинтегрированных предприятий «поставщик – производитель – потребитель», обеспечивающую минимум интегральных затрат производителя. Результаты моделирования затрат в среде MATLAB при динамичной в отложенной реакции представлены на рис. 1а и 1б.

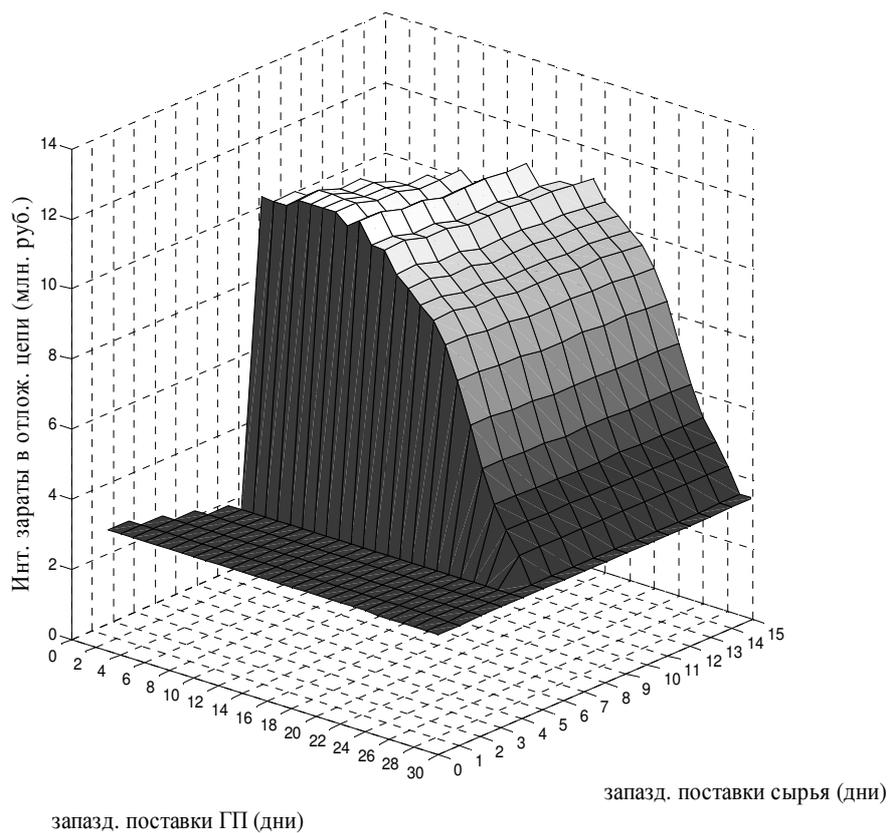
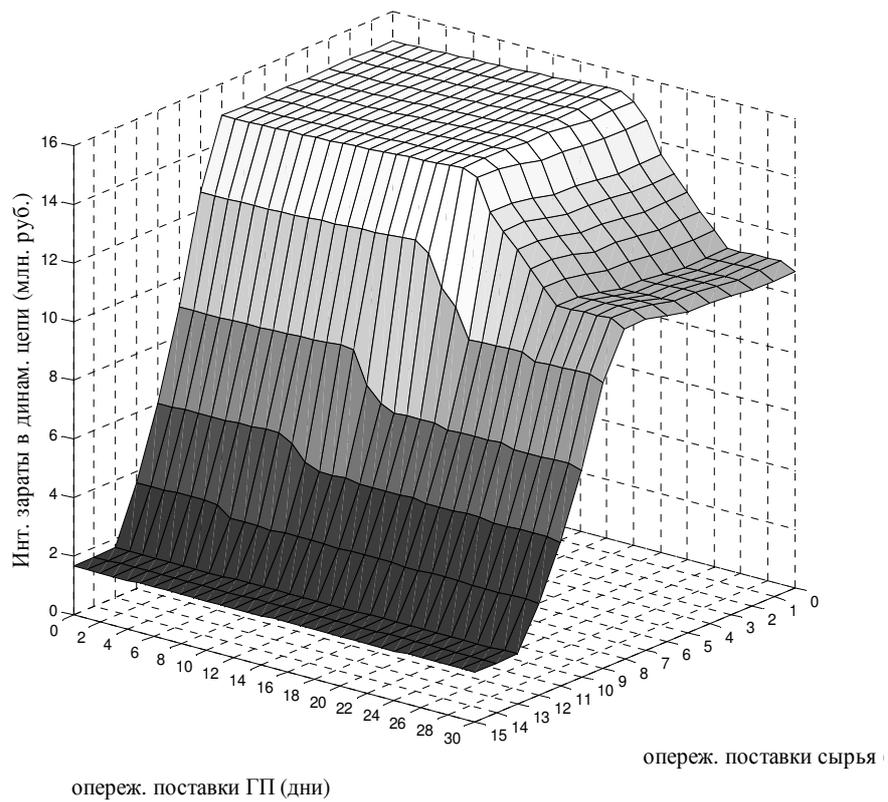


Рис. 1. Интегральные затраты при динамической и отложенной реакции на спрос

- динамичная реакция на спрос потребителя– опережение поставки материальных ресурсов производителю 2 дня, опережение поставки готовой продукции потребителю 30 дней, интегральные затраты 10 752 000 руб.; прибыль 3 193 500 руб.; эффективность производителя 29,70%.

- отложенная реакция - запаздывание поставки материальных ресурсов 12 дней, запаздывание поставки готовой продукции 14 дней; интегральные затраты 11 621 700 руб.; прибыль 1 574 000 руб.; эффективности производителя 13,54% [1], [2].

*2.Разработан метод оптимизации фондов обращения в условиях интегрированных процессов между производителем, потребителем продукции и привлекаемой инфраструктурой в виде фактор-компании-аутсорсера.*

Управление интегрированными предприятиями предполагает активное использование аутсорсинга, который означает привлечение ресурсов других организаций вместо развития собственных компетенций в конкретных видах и направлениях деятельности. Особую роль занимает интеграционная функция аутсорсинга: объединение предприятий-партнеров, каждая из которых вносит в общий процесс создания потребительской ценности свои уникальные ресурсы и компетенции. В нашем исследовании такими партнерами являются производитель, потребитель и инкассирующая возникающие между ними долги организация. Сделка между ними имеет аут-инсорсинговую природу: производитель вправе либо самостоятельно (инсорсинг) взыскивать дебиторскую задолженность, либо продать (аутсорсинг) долг аутсорсеру (инкассирующей организации). Во-первых, аутсорсер обслуживает поток готовой продукции и формирует ее оплату; во-вторых, ускоряет оборот оборотных средств в стадии реализации готовой продукции и замедляет в стадии оплаты счетов поставщиков оборотных производственных фондов; в-третьих, генерирует поток-«инъекцию» в виде денежных средств в «узкое звено» кругооборота оборота оборотных средств предприятия-заемщика. Раскрыты затраты, которые предприятие-производитель несет при управлении своими фондами обращения: оно вправе либо самостоятельно (инсорсинг) взыскивать дебиторскую задолженность (неся при этом в цепи «поставщик - покупатель» затраты в традиционном понимании на инкассацию долга, на омертвление капитала, риск неплатежа), либо продать (аутсорсинг) долг аутсорсеру (неся при этом в цепи «производитель – аутсорсер» транзакционные затраты на взаимодействие с аутсорсером) (рис. 2.)



Рис. 2. Затраты на управление фондами обращения

С увеличением срока дебиторской задолженности при прочих равных условиях увеличиваются разными темпами классические и транзакционные затраты. Таким образом, имеем следующую оптимизационную задачу: найти пороговый параметр оборотных средств в виде срока погашения дебиторской задолженности, при превышении которого производителю целесообразно использовать механизм аутсорсинга, до него – инсорсинга. Результаты моделирования фондов обращения представлены на рис. 3 [1], [2].

Условные обозначения:  $t_{zan}^*$  – пороговый параметр фондов обращения, до которого целесообразен аутсорсинг, после превышения - инсорсинг; % – первый платеж, отражающий степень аффилированности производителя и аутсорсера;  $y_1$  – кривая «5»;  $y_2$ : %=0.7 – кривая «1»; %=0.8 – кривая «2»; %=0.9 – кривая «3»; %=1.0 – кривая «4».

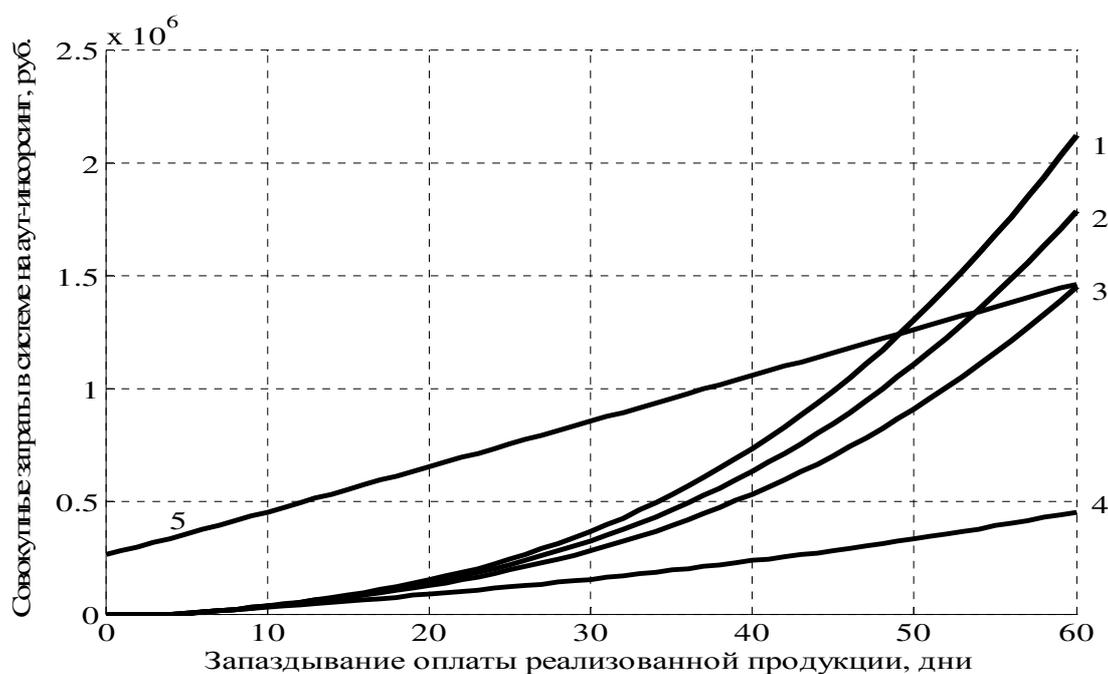


Рис. 3. Динамика совокупных затрат на инсорсинг и аутсорсинг

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Научная новизна исследования заключается в разработке двух методов. Во-первых, раскрыты организационно-экономическая сущность и особенности затрат, возникающих на стадиях кругооборота оборотных средств производителя, находящегося в стадии квазиинтеграции с поставщиками материальных ресурсов и потребителями готовой продукции. Разработан метод оптимизации затрат на стадиях кругооборота оборотных средств промышленных предприятий, который, в отличие от существующих, применим в условиях квазиинтеграции производителя и его контрагентов по кругообороту оборотных средств; основывается на выявленных классических, транзакционных и логистических затратах и исключает их дублирование; учитывает разные схемы формирования кругооборота оборотных средств и ориентирован на определение и достижения соответствия подсистемы оборотных производственных фондов подсистеме фондов. Разработаны и апробированы модели затрат при динамичной и отложенной реакции на спрос, учитывающие величину и характер поставок материальных ресурсов и готовой продукции. Во-вторых, раскрыты организационно-экономическая сущность и особенности оборотных средств в стадии реализации готовой продукции промышленного предприятия. Обоснована необходимость и целесообразность использования концепции аутсорсинга к формированию и управлению оборотными производственными фондами и фондами обращения. Разработан метод оптимизации фондов обращения, который, в отличие от существующих, основывается на критерии минимума интегральных затрат (классических, логистических и транзакционных) по управлению фондами обращения и позволяет определить параметры в

цепи реализации готовой продукции «производитель – потребитель»: затраты и потери, запасы, величина и период оборота дебиторской задолженности. Построена и апробирована экономико-математическая модель управления фондами обращения предприятия, отражающая высокую интегрированность производителя и потребителя и позволяющая надежно определять оптимальные значения их параметров. На основе статистических данных предприятий Челябинской области выявлены характер и динамика кривых в построенных экономико-математических моделях, описаны особенности их конфигурации. Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты позволяют перейти от интуитивного к научному обоснованию управленческих решений, принимаемых менеджментом интегрированных фирм в процессе управления затратами и оборотными средствами в логистической цепи. Выводы и методические разработки имеют практическую значимость и могут быть использованы руководителями и специалистами логистических и экономических подразделений предприятий.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Экономический эффект заключается в снижении затрат и ускорении по стадиям кругооборота оборотных средств производителя, находящегося в стадии квазиинтеграции с поставщиками материальных ресурсов и потребителями готовой продукции. Обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием значительного объема фактического материала предприятий Челябинска; корректным применением методов моделирования; апробацией и сходимостью результатов теоретических выводов и разработанных на их основе моделей и методов; опытом внедрения полученных результатов.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бутрин, А.Г. Проектирование и оптимизация бизнес-процессов интегрированных субъектов: монография / А.Г. Бутрин, В.И. Цаплин, Ю.В. Бутрина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011.– 240 с.
2. Бутрин, А.Г. Моделирование цепи поставок промышленного предприятия/А.Г. Бутрин, А.И. Коблов, Ю.В. Бутрина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010.–184 с.
3. Бутрин, А.Г. Методические основы управления цепями издержек интегрированных предприятий: учебное пособие/ А.Г. Бутрин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011.– 105 с.
4. Иванов, Д.А. Управление цепями поставок / Д.А. Иванов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 660 с.

# **PREISUNTERGRENZENBESTIMMUNG UNTER EINBINDUNG DER KOSTEN INDIREKTER LEISTUNGSBEREICHE – DARGESTELLT AM BEISPIEL DER LOGISTIK**

**Christoph Siepermann**

*Ulm University*

*E-Mail: christoph.siepermann@uni-ulm.de*

Die Bestimmung von Preisuntergrenzen (PUG) spielt im Rahmen von Preisbildungsprozessen, die angesichts unbefriedigender Umsatzrenditen zunehmend in den Vordergrund des Interesses rücken, eine zentrale Rolle. Traditionell stehen bei der Preisuntergrenzenermittlung die den Produkten direkt zurechenbaren Kosten im Vordergrund. Die Kosten der indirekten Leistungsbereiche wie der Logistik, die seit Jahren deutlich an Gewicht gewinnen, bleiben hingegen bei der Preisuntergrenzenbestimmung unberücksichtigt, obwohl auch dort große Kostenblöcke existieren, die sich infolge der veränderten Inanspruchnahme der Leistungen dieser Bereiche bei einer vorübergehenden Einstellung der Fertigung und des Vertriebs eines Produktes oder einer Produktgruppe ebenfalls einsparen lassen bzw. im Falle der Annahme eines Zusatzauftrags zusätzlich anfallen. Vor diesem Hintergrund zeigt der vorliegende Beitrag auf, wie sich diese Kosten in einer "erweiterten" Preisuntergrenzenbestimmung durch eine Kombination verschiedener Weiterentwicklungen der Prozesskostenrechnung berücksichtigen lassen.

Calculating bottom prices traditionally focuses on costs which can be directly allocated to a firm's products. Overhead costs like logistics costs which gain more and more significance since many years are skipped, although there is a great amount of costs which can also be cut when a product is temporarily not produced due to decreasing prices or which occur additionally in case of accepting and performing an additional order. Against this background the paper shows how these costs can be included into an "extended" bottom price calculation by combining different further developments of Activity-Based Costing.

## **PROBLEMSTELLUNG**

Angesichts unbefriedigender Umsatzrenditen deutscher Unternehmen bei gleichzeitig weitgehend ausgeschöpften Rationalisierungspotenzialen und gesättigten Märkten, die eine Gewinnsteigerung mittels Kostensenkungen und/oder Mengenausweitungen unrealistisch erscheinen lassen, sind Fragen der Preisbildung als Hebel zur Verbesserung der Gewinnsituation in jüngster Zeit zunehmend in den Vordergrund des Interesses gerückt [7]. Um unter den Bedingungen einer anhaltend hohen Marktdynamik wettbewerbsfähige, an die jeweilige Marktsituation angepasste Preise und Konditionen festlegen zu können, spielt die Bestimmung von Preisuntergrenzen (PUG) eine zentrale Rolle. Denn nur die exakte Kenntnis der eigenen Preisuntergrenze vermeidet den Abschluss

verlustträchtiger Geschäfte und erlaubt andererseits die Erkennung und Wahrnehmung sich kurzfristig bietender Chancen in Form von profitablen (Zusatz-) Aufträgen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Ermittlung von (kurzfristigen) Preisuntergrenzen zur Unterstützung von Entscheidungen über die Annahme oder Ablehnung eines Zusatzauftrags sowie die vorübergehende Einstellung der Produktion und des Absatzes eines Produktes oder einer Produktgruppe bei sinkenden Marktpreisen (wieder) zunehmend an Bedeutung.

Bei der Preisuntergrenzenbestimmung stehen traditionell die (den Produkten unmittelbar zurechenbaren) Kosten des direkten Leistungsbereichs im Vordergrund. Die Annahme eines Zusatzauftrags bzw. die vorübergehende Einstellung der Produktion und des Absatzes eines Produkts oder einer Produktgruppe löst aber unter Umständen auch erhebliche Kostenwirkungen in den indirekten Leistungsbereichen aus, deren Vernachlässigung angesichts der seit Jahren zu beobachtenden und weiter anhaltenden kostenmäßigen Bedeutungszunahme dieser Bereiche zu gravierenden Fehlentscheidungen führen kann. Denn insbesondere in den fertigungsnahen indirekten Leistungsbereichen wie beispielsweise der Logistik existieren große Kostenblöcke, die sich infolge der veränderten Inanspruchnahme der Leistungen dieser Bereiche bei einer vorübergehenden Einstellung der Fertigung und des Vertriebs eines Produktes oder einer Produktgruppe ebenfalls einsparen lassen bzw. im Falle der Annahme eines Zusatzauftrags zusätzlich anfallen. Daher erscheint es notwendig, die Preisuntergrenzenbestimmung um diese in Abhängigkeit von den in den indirekten Leistungsbereichen zu erbringenden Leistungsvolumina disponierbaren sprungfixen (Gemein-) Kosten zu erweitern, indem sie analog zu den erzeugnis- und ggf. (bei Entscheidungen über die Fortführung oder Einstellung der Produktion einer ganzen Produktgruppe) erzeugnisgruppenfixen Kosten des Produktionsbereichs ebenfalls in die Preisuntergrenzenbestimmung einbezogen werden, auch wenn sie den Produkten, für die die Preisuntergrenzen berechnet werden sollen, nicht direkt, sondern nur indirekt über deren Inanspruchnahme der Leistungen der indirekten Bereiche zugerechnet werden können.

## **INSTRUMENTARIUM UND INFORMATIONSBEDARF DER ERWEITERTEN PREISUNTERGRENZENBESTIMMUNG**

Voraussetzung für die Berücksichtigung der Kosten indirekter Leistungsbereiche im Rahmen "erweiterter" Preisuntergrenzen ist die Analyse der Beziehungen zwischen den Leistungen des direkten und des indirekten Leistungsbereichs sowie die Untersuchung der Abhängigkeiten zwischen Leistungen und Kosten des indirekten Leistungsbereichs. Das erforderliche Instrumentarium dazu stellt die Prozesskostenrechnung bereit. Die dort standardmäßig vorgenommene Unterscheidung zwischen leistungsmengeninduzierten (lmi) und leistungsmengenneutralen (lmn) Prozessen bzw. Prozesskosten reicht jedoch für den hier verfolgten Zweck bei weitem nicht aus. Um die Kosten indirekter Leistungsbereiche, die mittelbar mit den Primärleistungen eines Unternehmens variieren bzw. sich

an veränderte Beschäftigungslagen anpassen lassen, in die Preisuntergrenzenbestimmung einbeziehen zu können, ist vielmehr eine Prozesskostenrechnung zu implementieren, die weitergehende Kostenspaltungen vornimmt, wie sie in folgenden Anforderungen formuliert werden:

1. Zunächst ist, um Informationen für sehr kurzfristige Entscheidungen bereitzustellen zu können, die keinerlei Kapazitätsanpassungen zulassen, eine Trennung zwischen variablen und fixen Prozesskosten vorzunehmen. Dadurch lässt sich gleichzeitig eine erhöhte Genauigkeit bei der Verrechnung der variablen Gemeinkosten erreichen, die insbesondere außerhalb des Fertigungsbereichs immer noch häufig über pauschale Wertschlüssel erfolgt.
2. Auch wenn der überwiegende Teil der Prozesskosten als fix einzustufen ist, lässt sich ein großer Teil davon dennoch in bestimmten Intervallen an veränderte Leistungsumfänge des indirekten Leistungsbereichs anpassen. Das ist immer dann der Fall, wenn in einer Kostenstelle mehrere (weitgehend) identische Einheiten einer Ressource (z.B. mehrere Gabelstapler und Gabelstaplerfahrer) zur Leistungserstellung zur Verfügung stehen. Die daraus resultierenden sprungfixen Prozesskosten sind getrennt von den absolut fixen Prozesskosten auszuweisen, bei denen eine derartige Anpassung aufgrund des nur einmaligen Vorhandenseins einer Ressource nicht möglich ist.
3. Nicht alle Kosten lassen sich gleichermaßen schnell an veränderte Beschäftigungslagen anpassen. Dies gilt insbesondere für den Abbau von Kosten bei Leistungseinschränkungen. Die sprungfixen Prozesskosten sind daher weiter nach ihrer Bindungsdauer zu differenzieren. Eine analoge Differenzierung der absolut fixen Prozesskosten erscheint hingegen für den hier verfolgten Zweck aufgrund ihrer generell fehlenden Anpassbarkeit an veränderte Prozessmengen nicht erforderlich.
4. Kosten, die sich mit der Prozessmenge automatisch verändern (variable Prozesskosten) und solche, die sich in Intervallen an Prozessmengenänderungen anpassen lassen (sprungfixe Prozesskosten), zeigen dieses Verhalten nicht zwangsläufig auch in Abhängigkeit von der Ausbringungsmenge der absatzbestimmten Produkte, für die Preisuntergrenzen bestimmt werden sollen. Es ist daher zwischen solchen Prozessen und Prozesskosten, deren Prozessmengen mit den Produktmengen korrelieren (ausbringungsmengenabhängige Prozesse bzw. Prozesskosten) und solchen, bei denen dies nicht der Fall ist (ausbringungsmengenunabhängige Prozesse bzw. Prozesskosten), zu unterscheiden. In die Preisuntergrenze dürfen nur erstere einfließen.
5. Die Einbeziehung sprungfixer Prozesskosten in die Preisuntergrenzenbestimmung ist zwangsläufig mit einer Fixkostenproportionalisierung verbunden. Um dem damit einhergehenden gravierenden Nachteil der Abhängigkeit der Prozesskostensätze und der den Produkteinheiten zugerechneten Prozesskosten von der Beschäftigung der Kostenstellen der indirekten Leistungsbereiche entgegenzuwirken, sind die Kosten der in einer Periode tatsächlich genutzten Kapazitäten (Nutzkosten) und die Kosten der Unterbeschäftigung, d.h. der

nicht genutzten Kapazitäten (Leerkosten), konsequent voneinander zu trennen. Den Prozessen und Produkten sind nur die Nutzkosten zuzurechnen.

Es ist offensichtlich, dass die Grundform der Prozesskostenrechnung nach HORVÁTH/MAYER ebenso wie ihr amerikanisches Vorbild, das Activity-Based Costing, aufgrund ihrer grundsätzlichen Konzeption als Vollkostenrechnungen nicht in der Lage sind, den mit den oben formulierten Anforderungen umschriebenen Informationsbedarf der erweiterten Preisuntergrenzenbestimmung zu befriedigen. Allerdings existieren diverse Weiterentwicklungen der Prozesskostenrechnung, die eine weitergehende Aufteilung der Prozesskosten im Sinne der Forderungen 1-5 vornehmen und daher prinzipiell für eine erweiterte Preisuntergrenzenbestimmung in Frage kommen. Im Einzelnen handelt es sich dabei um die fixkostenmanagementorientierte Prozesskostenrechnung von REICHMANN/FRÖHLING [5], die prozessorientierte Deckungsbeitragsrechnung von GLASER [2], die von MAYER entwickelte Kapazitätskostenrechnung [3], [4] und den von DIERKES unterbreiteten Vorschlag zur Ausgestaltung einer Prozessstückkostenrechnung [1].

Eine Charakterisierung dieser Ansätze anhand eines Beispiels aus der Logistik findet sich bei SIEPERMANN [6]. Die dort vorgenommene Analyse zeigt jedoch, dass keiner von ihnen allein allen fünf Forderungen gerecht wird. Um alle für eine erweiterte Preisuntergrenzenbestimmung benötigten Informationen bereitzustellen, ist vielmehr eine Kombination der genannten Ansätze erforderlich, wie sie im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

## **DIE ERWEITERTE PREISUNTERGRENZENBESTIMMUNG**

Für die Konzeption eines Prozesskostenrechnungssystems, das als Informationsbasis für die Ermittlung erweiterter Preisuntergrenzen herangezogen werden kann, bietet sich als Basis das Modell von DIERKES an [1]. DIERKES nimmt bei den leistungsmengeninduzierten Teilprozessen in Abhängigkeit von der Veränderlichkeit der Kosten bei einer Variation der Prozessmengen eine Spaltung der Prozesskosten in variable, von der Prozessmenge abhängige und fixe, von der Prozessmenge unabhängige Kosten vor. Zusätzlich werden die Prozessmengen im Hinblick auf ihre Abhängigkeit von der Ausbringungsmenge der absatzbestimmten Produkte untersucht. Leistungsmengeninduzierte Teilprozesse, deren Prozessmengen in einem hinreichenden Zusammenhang zu den Produktmengen stehen, werden als beschäftigungsabhängig, die übrigen als beschäftigungsunabhängig bezeichnet. Um Verwechslungen mit der Beschäftigungsabhängigkeit der Kosten auf Prozessebene, d.h. der Prozessmengenabhängigkeit der Kosten zu vermeiden, wird im Rahmen dieses Beitrags statt dessen von ausbringungsmengenab- und -unabhängigen Prozessen bzw. Prozesskosten gesprochen. Die Kosten leistungsmengenneutraler Teilprozesse gelten grundsätzlich als beschäftigungs- bzw. ausbringungsmengenunabhängig und fix, da sie weder mit der Produktions- und Absatzmenge noch mit dem Leistungsvolumen der Kostenstelle variieren. Die Fixkosten einer Kostenstelle werden den Teilprozessen nur im

Ausmaß der tatsächlich für die Bewältigung der (geplanten) Prozessmengen benötigten Kapazitäten zugerechnet (Nutzkosten), während die Kosten nicht genutzter Kapazitäten einer Kostenstelle nicht auf die Teilprozesse verrechnet, sondern kostenstellenbezogen als Leerkosten ausgewiesen werden. Eine weitergehende Unterteilung der fixen Kosten nach ihrer Bindungsdauer ist im Ansatz von DIERKES standardmäßig nicht vorgesehen, sondern bleibt fallweisen Analysen vorbehalten. In diesem Punkt ist das Modell von DIERKES durch die Ansätze von REICHMANN/FRÖHLING [5] und GLASER [2] zu ergänzen. Beide nehmen eine Differenzierung der Prozesskosten nach ihrer zeitlichen Bindungsdauer vor, die innerhalb der gesamten Rechnung, d.h. bis in die Kalkulation hinein beibehalten wird.

Damit wären die Forderungen 1, 3, 4 und 5 erfüllt. Um Forderung 2 zu genügen, ist zusätzlich eine Trennung zwischen sprungfixen und absolut fixen Kosten einzuführen. Der Vorschlag von MAYER [3], [4], die drei Kostenkategorien "leistungsabhängige Sachkosten", "Personalkosten" und "zeitgebundene Nutzungskosten (für technische Nutzungspotenziale und Dienstleistungsverträge)" zu unterscheiden, für die jeweils aus Erfahrungswerten des Unternehmens ein Kostenreagibilitätsgrad abgeleitet werden soll, der den Entscheidungsträgern eine Abschätzung der zu erwartenden Kostenveränderungen bei einer Variation der Prozessmengen gibt, zielt in diese Richtung, erfüllt Forderung 2 aber dennoch nur unzureichend, da diese Einteilung nicht trennscharf in Bezug auf die dahinterstehenden Kostenverläufe ist [6]. Besser geeignet erscheint an dieser Stelle der von WEBER im Kontext der Logistikkostenrechnung diskutierte Vorschlag einer Unterscheidung zwischen beschäftigungsabhängigen und (weitgehend) beschäftigungsunabhängigen Bereitschaftskosten [8]. Erstere weisen einen sprungfixen, letztere einen absolut fixen Kostenverlauf auf.

Aus diesen Überlegungen resultiert zusammenfassend die in Abbildung 1 dargestellte, die Forderungen 1-4 widerspiegelnde Differenzierung der Prozesskosten. Da Leerkosten gemäß Forderung 5 nicht auf die Prozesse verrechnet werden, sondern auf den Kostenstellen verbleiben, bezieht sie sich nur auf die Nutzkosten. In die Preisuntergrenzenbestimmung sind nur die ausbringungsmengenabhängigen (variablen und sprungfixen) Prozesskosten einzubeziehen. Bei Entscheidungen über Leistungseinschränkungen (vorübergehende Einstellung der Produktion und des Vertriebs eines Produktes oder einer Produktgruppe) ist zusätzlich die Bindungsdauer der Kosten zu beachten, d.h. es dürfen nur die Kosten berücksichtigt werden, die innerhalb des Entscheidungshorizonts abbaubar sind. Die erweiterte Preisuntergrenzenbestimmung kann sich dann nach dem in Abbildung 2 wiedergegebenen Schema vollziehen.

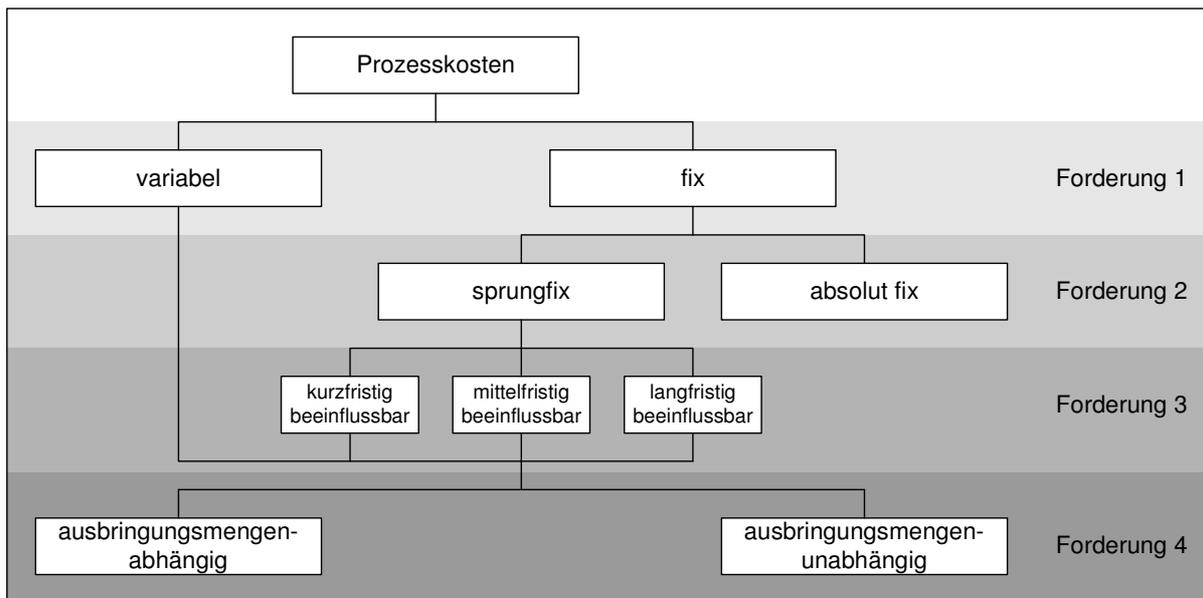


Abbildung 1: Für die PUG-Bestimmung notwendige Differenzierung der Prozesskosten

Fertigungsmaterial
+ Fertigungslohn
+ Sondereinzelkosten der Fertigung
+ Sondereinzelkosten des Vertriebs
= Preisuntergrenze 1 (Einzelkosten)
+ Variable Fertigungsgemeinkosten
+ Ausbringungsmengenabhängige variable Prozesskosten
+ Opportunitätskosten (sofern relevant)
= Preisuntergrenze 2 (variable Kosten)
+ Direkt zurechenbare Fixkosten des Erzeugnisses und ggf. der Erzeugnisgruppe (sofern relevant und bei Leistungseinschränkungen innerhalb des Entscheidungshorizonts abbaubar)
+ Stilllegungs- und Wiederanlaufkosten (sofern relevant)
= Preisuntergrenze 3 (variable und anteilige direkt zurechenbare Fixkosten)
+ Ausbringungsmengenabhängige sprungfixe Prozesskosten (bei Leistungseinschränkungen unter Berücksichtigung der Bindungsdauer)
= Preisuntergrenze 4 (erweiterte Preisuntergrenze)

Abbildung 2: Schema der erweiterten PUG-Bestimmung

Zu beachten ist, dass die sprungfixen Prozesskosten immer nur insoweit und in der Höhe zu berücksichtigen sind, wie die zur Disposition stehende Produktmenge tatsächlich eine Veränderung der Prozesskosten bewirkt. Oder umgekehrt: Stehen zur Abwicklung eines Zusatzauftrags bislang ungenutzte Kapazitäten zur Verfügung, dürfen die im Zuge der Nutzung dieser Ressourcen in Nutzkosten umgewandelten Leerkosten die Preisuntergrenze nicht erhöhen. Das gleiche gilt analog, wenn eine Leistungseinschränkung infolge der vorübergehenden Einstellung der Produktion eines Produktes oder einer Produktgruppe lediglich zur Umwandlung von Nutz- in Leerkosten führt, der Prozessmengenrückgang aber nicht ausreicht, um Kapazitäten und damit sprungfixe Prozesskosten (innerhalb des Entscheidungshorizonts) abzubauen. Um das zu überprüfen und das Ausmaß der zu erwartenden Prozesskostenveränderung festzustellen, ist allerdings eine prozess- und ressourcenbezogene Analyse je Kostenstelle notwendig. Dabei sind zunächst die durch die Ausbringungsmengenveränderung induzierten Prozessmengenveränderungen der betroffenen (ausbringungsmengenabhängigen)

gen) Prozesse zu ermitteln, indem die veränderten Ausbringungsmengen mit den entsprechenden Prozesskoeffizienten multipliziert werden und die Differenz zu den bisherigen Prozessmengen ermittelt wird. Sofern bei losbezogenen Prozessen eine Anpassung der Losgrößen geplant ist, sind die Prozesskoeffizienten entsprechend zu modifizieren. Durch Multiplikation der Prozessmengenveränderungen mit dem jeweiligen Kapazitätsbedarf pro Prozessmengeneinheit können die Veränderungen der Kapazitätsbedarfe je Ressourcenart berechnet werden. Diese sind anschließend um die (bislang) ungenutzten Kapazitäten zu korrigieren, welche entweder unmittelbar den Unterlagen zur Kostenplanung entnommen oder mittels Division der (geplanten) Leerkosten durch die Kosten pro Kapazitätseinheit, d.h. den Kapazitätskostensatz errechnet werden können. Um zu überprüfen, ob und in welchem Ausmaß die zur Diskussion stehende Ausbringungsmengenveränderung kapazitäts- und kostenwirksam ist, sind schließlich die veränderten Kapazitätsbedarfe unter Berücksichtigung der Leerkapazitäten den Kapazitäten pro Ressourceneinheit, d.h. den Kapazitätsintervallen der sprungfixen Kostenfunktionen gegenüberzustellen. Übersteigt bei einer (geplanten) vorübergehenden Einstellung der Produktion, d.h. einer Senkung der Ausbringungsmenge eines oder mehrerer Produkte auf Null, die Summe aus Kapazitätsbedarfsveränderung und Leerkapazität die Kapazität einer Ressourceneinheit, so können die überschüssigen Ressourceneinheiten und die damit verbundenen Kosten nach Ablauf der bei der jeweiligen Kostenart hinterlegten Bindungsdauer abgebaut werden. Die Anzahl der abbaubaren Ressourceneinheiten ergibt sich nach der Formel  $(\text{Kapazitätsbedarfsveränderung} + \text{Leerkapazität}) / \text{Kapazität pro Ressourceneinheit}$ , wobei das Ergebnis bei unteilbaren Produktionsfaktoren wie Maschinen entsprechend abzurunden ist. Durch Multiplikation der Anzahl der abbaufähigen Ressourceneinheiten mit der Kapazität je Ressourceneinheit und dem Kapazitätskostensatz erhält man schließlich das Kostensenkungspotenzial bei dieser Ressource. Die gesamte mit der vorübergehenden Einstellung der Produktion verbundene Kostenwirkung errechnet sich durch Summierung aller ressourcenbezogenen Kostenwirkungen über alle beteiligten Kostenstellen. Diese ist schließlich durch die bislang hergestellte Stückzahl des einzustellenden Produkts zu dividieren, um den für die Preisuntergrenzenbestimmung relevanten Stückkostensatz der abbaufähigen sprungfixen Prozesskosten zu erhalten. Ein Anstieg der Ausbringungsmenge eines oder mehrerer Produkte infolge eines Zusatzauftrags ist genau dann kapazitäts- und kostenwirksam, wenn die Kapazitätsbedarfsveränderung die (bisherige) Leerkapazität übersteigt. Die Anzahl der zusätzlich benötigten Ressourceneinheiten ergibt sich dann als  $(\text{Kapazitätsbedarfsveränderung} - \text{Leerkapazität}) / \text{Kapazität pro Ressourceneinheit}$ , wobei das Ergebnis bei unteilbaren Produktionsfaktoren aufgerundet werden muss. Die zusätzlichen Kosten für die betrachtete Ressource, über alle Ressourcen und Kostenstellen sowie pro Stück lassen sich dann analog zum ersten Fall berechnen.

## FAZIT

Im vorliegenden Beitrag wurde aufgezeigt, wie sich die nach den traditionellen Methoden bestimmten (kurzfristigen) Preisuntergrenzen durch eine Kombination verschiedener Weiterentwicklungen der Prozesskostenrechnung um entscheidungsrelevante Kosten der indirekten Leistungsbereiche erweitern lassen. Das vorgeschlagene Kalkulationsschema stellt die für eine adäquate Reaktion auf kurzfristig wechselnde Marktverhältnisse benötigten Kosteninformationen in übersichtlicher und komprimierter Form zusammen. Im Falle der Entscheidung über die Annahme von Zusatzaufträgen ist allerdings einschränkend darauf hinzuweisen, dass genaue Informationen über die zusätzlich anfallenden Fixkosten vielfach nur durch situationsspezifische Zusatzanalysen bereitgestellt werden können. Die laufende Kostenrechnung ist hier nur dann aussagefähig, wenn die hinterlegten Informationen über den Verlauf und die Bindungsdauer der sprungfixen Kosten spiegelbildlich auch für den Kostenaufbau gelten. Das ist in der Praxis jedoch nur teilweise der Fall. Ein weiteres Anwendungshindernis stellt die hohe Komplexität der Berücksichtigung des Wechselspiels zwischen Nutz- und Leerkosten bei der Zuordnung der ausbringungsmengenabhängigen sprungfixen Prozesskosten dar, da hierfür eine detaillierte prozess- und ressourcenbezogene Analyse je Kostenstelle notwendig ist.

## LITERATUR

1. Dierkes, Stefan: Planung und Kontrolle von Prozeßkosten, Wiesbaden 1998.
2. Glaser, Katja: Prozeßorientierte Deckungsbeitragsrechnung, München 1998.
3. Mayer, Reinhold: Kapazitätskostenrechnung, Vahlen, München 1998.
4. Mayer, Reinhold; Kaufmann, Lutz: Prozeßkostenrechnung II – Einordnung, Aufbau, Anwendungen, in: Fischer, Thomas M. (Hrsg.): Kosten-Controlling, Stuttgart 2000, S. 291-322.
5. Reichmann, Thomas; Fröhling, Oliver: Integration von Prozeßkostenrechnung und Fixkostenmanagement, in: krp – Kostenrechnungspraxis, 37. Jg. (1993), Sonderheft 2, S. 63-73.
6. Siepermann, Christoph: Logistikkostenrechnung auf Basis von Prozeßteilkosten, Lohmar/Köln 2008.
7. Simon, Hermann: Ertragssteigerung durch effektivere Pricing-Prozesse, in: ZfB – Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 74. Jg. (2004), S. 1083-1102.
8. Weber, Jürgen: Logistikkostenrechnung, 2. Aufl., Berlin/Heidelberg/New York 2002.

# МЕТОД "ЦЕПОЧКИ СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТЕЙ" ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ МТО

Е.А. Королева, А.С. Сурнина

*ФБОУ ВПО "СПГУВК", Санкт-Петербург, Россия  
kea\_56@mail.ru*

В статье рассматриваются вопросы стратегического управления затратами в логистических системах МТО. Указываются отличия традиционных методов управления затратами от стратегического управления. Анализируются факторы классификации затрат при стратегическом управлении ими. Представлена цепочка создания ценностей транспортных услуг при мультимодальной перевозке и рассмотрены подходы функционирования цепочки ценностей на основе PFC.

## THE METHOD OF "VALUE CHAIN" IN CONTROLLING COSTS IN TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS

**Elena Koroleva  
Aleksandra Surnina**

*St. Petersburg State University of Water Communications  
E-mail: surnina\_2006@mail.ru*

The article examines the strategic cost management in logistics systems. It identifies differences between traditional cost management of strategic management. We analyze the factors in the classification of the strategic cost management. Represented by a chain of value creation of transportation services for multimodal transport and examined the functioning of the value chain approaches based on the PFC.

В современной мировой практике используются новые методы определения и регулирования затрат предприятия, одним из которых является стратегическое управление затратами. При стратегическом управлении затратами, анализ затрат происходит в более широком контексте, при котором становятся более ощутимыми, четко обоснованными и оформленными основные моменты стратегии организации. Здесь данные о затратах используются для разработки обобщенной стратегии организации и обеспечения её выполнения, направленной на достижение цели работы и устойчивого преимущества организации перед конкурентами.

Управление затратами не является самоцелью, а должно обеспечивать разработку и выполнение деловой стратегии организации. С этой точки

зрения стратегическое управление организацией – это непрерывный процесс, включающий:

1. формулировку стратегии
2. распространение в организации информации о выработанной стратегии
3. выбор и реализация тактики для проведения в жизнь стратегической линии
4. разработку и внедрение методов контроля и регулирования по осуществлению практических шагов реализации тактики, следовательно, успеха в достижении стратегических целей.

Стратегическое управление затратами представляет собой совокупность трех важных моментов стратегического управления:

1. Анализ цепочки ценностей

Концепция цепочки рассматривает предприятие лишь как одно из звеньев длиной цепи видов деятельности, создающих ценность (от исходного сырья до конечного потребителя).

2. Анализ стратегического позиционирования

Управление затратами различно, в зависимости от стратегии. Возможны несколько стратегий, которых может придерживаться предприятие, чтобы выиграть в конкурентной борьбе.

3. Анализ факторов, определяющих затраты

Структурные факторы (стратегические варианты для предприятия):

- масштаб (горизонтальная интеграция, связанная с масштабом производства);
- диапазон (вертикальная интеграция, определяющая диапазон производимой продукции или услуг);
- опыт;
- технологии (используемые технологии на каждой стадии цепочки затрат фирмы);
- сложность (широта ассортимента изделий или услуг).

Функциональные факторы (связаны с успехом функционирования предприятия):

- концепция вовлеченности работников в постоянные усовершенствования;
- концепция комплексного управления качеством;
- использование мощностей предприятия;
- использование связей с поставщиками и клиентами в контексте цепочки ценностей предприятия.

Основополагающим направлением в стратегическом управлении затратами является анализ цепочки ценностей, поскольку в результате её формирования определяются центры приложения усилий по управлению затратами.

Предприятие может поддерживать устойчивое конкурентное преимущество на базе лидерства в затратах или на базе дифференциации.

Для того, чтобы в процессе доставки груза мультимодальным оператором выявить и оценить влияние расходов, возникающих в центрах ответственности на экономические результаты доставки грузов, может быть предложен к использованию один из наиболее современных методов снижения расходов в принятии оперативных управленческих решений – метод «цепочки создания ценности» транспортной услуги, основанный на теории «деловой операции» (рис.1).



Рис.1 Разработанная «цепочка создания ценности» транспортной услуги

Нобелевский лауреат по экономике 1991 года – ученый Коуз Р., еще в 1937 году в качестве единицы экономической деятельности предложил такое понятие, как деловая операция (хозяйственная операция, сделка). Посредством деловой операции экономические ценности переходят от одного звена к другому, и, в конечном счете, именно они составляют суть предпринимательской деятельности и являются основой функционирования компании.

Под деловой операцией при мультимодальных перевозках понимается перевозка определенного вида груза (или нескольких грузов), совершенная одним или несколькими видами транспорта на заданном направлении.

Под продуктом при мультимодальных перевозках понимается транспортная услуга, как конечный результат деятельности МТО, приносящий реальную ценность.

Предложенный метод представления транспортно-логистической системы МТО в виде цепочки ценности позволяет использовать метод калькуляции затрат на основе движения продукта PFC (product flow cost). Данный метод исходит из того, что для МТО конечный продукт (транспортная услуга) и связанные с ним затраты формируются на базе «ключевого» ресурса (непосредственно процесса доставки груза), а также последовательных «управленческих воздействий» и затрат на поддержание формирующейся транспортной услуги. (Рис.2)

«Ключевой ресурс»	Заключение договора перевозки	Начало предоставления услуги		Выполнение транспортной услуги			Конечный продукт
Л1	Л2	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Л3	Ц5
И1	К1	К2	И2	К3	К4	И3	И4
	Обеспечение грузами ОИМП	Начало движения груза	Контрольная функция ОИМП	Функция управления перевозкой груза			Окончание движения груза (маржинальный доход II уровня)

Рис.2 Формирования цепочки ценности на основе PFC

В процессе формирования конечного продукта «ключевой ресурс» подвергается различным управленческим воздействиям, в результате которых создается либо логистический результат (Л), либо осуществляется контрольная функция (К), либо происходит изменение (трансформация) ресурса (И) и формирование определенной доли ценности (Ц) в общей «цепочке ценности».

Последовательность этих действий, выполняемых в процессе создания конечного продукта, можно представить следующим образом:

1. Заключение договора перевозки груза.
  - а) На стадии обсуждения условий договора ценность услуги также не повышается.

б) После заключения договора с отправителем груза ценность услуги вновь не повышается. Управленческое воздействие направлено на начало процесса перевозки и сводится к контролирующей (К1) функции управления.

2. Обеспечение МТО грузами на различных направлениях, что ведет к изменению местоположения ресурса (И1). Ценность услуги при этом не повышается. Управленческое воздействие на «ключевой ресурс» носит логистический характер (Л1).
3. Обслуживание груза при перегрузочных работах и отправка груза получателю ведет к трансформации «ключевого ресурса», начинается процесс изменения физического местоположения груза (И2). Ценность услуги повышается (Ц1). Менеджерская группа обеспечивает контролируемую функцию за движением груза (К2). Начало движения судна ведет к росту ценности услуги (Ц2). Одновременно менеджерская группа выполняет контрольную функцию (К3) за исполнением условий договора, сроков оплаты.
4. В процессе перевозки груза ценность транспортной услуги повышается (Ц3, Ц4) в результате использования производственных ресурсов. Разработка и контроль за соблюдением транспортно- технологической схемы доставки груза со стороны менеджерской группы (К4) способствует рациональной перевозке груза (И3).

Обслуживание груза в пункте назначения и передача груза получателю соответствует завершению процесса перевозки (И4), формируется совокупная ценность транспортной услуги (Ц5), в которой аккумулируются затраты, связанные с реализацией процесса перевозки. «Ключевой» ресурс МТО (процесс доставки) преобразуется в единицу конечного продукта (груза), получаемого грузополучателем. При этом перевозчик получает экономическую выгоду в виде вознаграждения. Таким образом, основные функции управления сопровождают процесс перевозки груза, обеспечивают конкурентоспособность и формирование ценности транспортной услуги.

В целом, управленческие воздействия, можно разделить на две группы:

- увеличивающие ценность и стоимость транспортной услуги для покупателя в процессе преобразования "ключевого ресурса";
- не увеличивающие ценности услуги с точки зрения покупателя, но необходимые для выполнения процесса перевозки, эффективного использования производственных ресурсов, для координации действий различных структурных подразделений ОИМП, снижения стоимости транспортной услуги. Такие управленческие воздействия называются "нулевыми вмешательствами". Кроме того, имеют место временные затраты, возникающие в основном в результате внеплановой постановки различных видов транспорта на ремонт.

Исследование метода «цепочки создания ценности» позволило сделать вывод, что в процессе формирования конечного продукта «ключевой» ресурс подвергается различным управленческим воздействиям («нулевыми вмешательствами»). Набор «нулевых» воздействий и временных затрат, необходимых для выполнения перевозки груза и формирования конечного продукта, создает на уровне центров ответственности транзакционные издержки компании, которые непосредственно не входят в состав эксплуатационных расходов, но являются необходимыми для получения конечного продукта. С увеличением объема перевозок транзакционные издержки растут и ведут к росту суммарных издержек на перевозку груза. В то же время осуществляется координация работы МТО, что способствует рационализации затрат на перевозку грузов, уменьшению стоимости конечного продукта. В результате суммарные издержки формируемой транспортной услуги по цепочке ценности в целом снижаются.

## **Литература**

1. Bowersox D.I., Closs D.I.. Logistical Management. Third Edition. Prentice-Hall International, Inc., 1996
2. John K. Shank, Vijay Govindarajan. Strategic cost management. The new tool for competitive advantage. Original edition copyright 1993 by The Free Press
3. Stock R.James, Lambert M. Douglas. Strategic Logistics Management. McGraw-Hill, Irwin, 2001.

# **ЗАТРАТЫ КАК КЛЮЧЕВАЯ КАТЕГОРИЯ КОНТРОЛЛИНГА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

Е.С. Царёва, В.К. Козлов

*СПбГУЭФ, Санкт-Петербург, Россия  
e.tzaryova@mail.ru*

Системно представлены подходы к соотношению терминов «затраты», «расходы» и «издержки», на основе чего авторами сформировано представление их экономического содержания. Выделены основные критерии классификации и идентификации затрат, представляющие возможность их дифференцированного процессно-поточкового представления в структуре экономического потока создания ценности для потребителя.

## **COSTS AS A KEY CATEGORY OF LOGISTICS PRODUCTION SYSTEMS CONTROLLING**

**Elena Tzaryova, Vladimir Kozlov**

*The Saint-Petersburg State University of Economics and Finance  
E-Mail: e.tzaryova@mail.ru*

Approaches to correlation of concepts "costs" "expenditures", and "expenses" on the basis of which the authors formed their view on economic content were presented in system. Basic criteria for the costs classification and identification representing the possibility of a differentiated process-flow representation of the structure of economic value flow for the consumer were highlighted.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в структуре целей управления предприятиями объективно начинают превалировать цели поддержания и повышения их эффективности и конкурентоспособности. В системную структуру управления предприятиями встраивается подсистема контроллинга, которая способна стать инструментом повышения их гибкости и эффективности. Специфика концепции контроллинга состоит в том, что она являет собой не только основу потокового представления процессов как объектов управления, но и широкий спектр инструментов, обеспечивающих поддержку управления.

В соответствии с концепцией контроллинга для осуществления планирования и учёта как ключевых функций управления должен быть

сформирован ряд ключевых комплексных показателей, системно характеризующих соответствующие процессы деятельности предприятия. В связи с этим насущным становится определение их структуры, экономического содержания и аналитического выражения. Измерение затрат и их результатов становится ключевой проблемой контроллинга в логистической системе.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Собственно чёткое определение затрат возможно при сопоставлении данной дефиниции с близкими по значению понятиями «расходы» и «издержки». Исследование и анализ литературы, касающийся вопросов определения затрат, позволяют выявить следующие концепции соотношения таковых с расходами и издержками:

1) Затраты, расходы и издержки в различных вариациях рассматриваются как синонимичные понятия. В частности, они отождествляются во многих словарно-энциклопедических источниках. В словаре «Бухгалтерский учёт, налоги, хозяйственное право» можно найти следующее определение: «издержки (затраты) – расходы предприятия, осуществляемые в процессе хозяйственной деятельности» [1]. Также существует мнение, что «расход материальных, трудовых, финансовых, природных, информационных и других видов ресурсов в стоимостном выражении и есть затраты предприятия» [6, С. 17]. Кроме этого, в литературе встречается трактовка «издержки равны сумме всех расходов» [7, С. 55].

2) Большинство зарубежных и отечественных авторов понимает расходы как «истекшие (потраченные) затраты» [4, С. 27; 3, С. 3]. Затраты понимаются в теориях данного класса как потреблённые ресурсы для определённой цели [7, С. 54]. Затраты могут выступать в роли активов предприятия и признаваться расходами того периода, когда вновь созданная ценность – продукт продан [4, С. 26], т.е. затраты первичны по отношению к расходам, но в конечном итоге «сумма затрат за весь период существования предприятия ... равна сумме расходов» [3, С. 4].

3) Часть исследователей делает вывод на основании Международных стандартов финансовой отчётности о том, что сумма расходов, в конечном счёте, должна быть равна сумме всех затрат предприятия и убытков, возникших в ходе основной деятельности предприятия [2, С. 55]. Таким образом, признается тот факт, что понятие «затраты» уже понятия «расходы».

4) Концепция, основанная на том, что термин «издержки» носит более общий и широкий характер по отношению к терминам «расходы» [4, С. 27] и «затраты» [7, С. 55], имеет множество приверженцев, объясняющих это положения двумя способами. В первом случае издержки понимаются как суммарные жертвы предприятия, связанные с выполнением определённых операций [4, С. 27], и включают в себя как явные (бухгалтерские,

расчётные), так и вмененные (альтернативные) издержки. В этом смысле расходы являются частью издержек. Во втором случае говорится о том, что издержки помимо затрат включают в себя потери от стихийных бедствий, растраты и отчисления на социальное обеспечение коллектива [7, С. 55].

5) Сторонники концепции, согласно которой затраты шире понятия издержек [3], исходят из классификации означенных дефиниций. Так затраты делятся на две группы: нейтральные, причиной возникновения которых являются финансовая, благотворительная инвестиционная деятельность, кражи, пожары; и целевые, потреблённые на производство и реализацию основной продукции. Соответственно, затраты трактуются как выраженные в денежной форме средства, израсходованные на осуществление всей производственно-хозяйственной деятельности. Издержки, под которыми понимаются выраженные в денежной форме средства, потреблённые в процессе производства и реализации продукции, в свою очередь, делятся на основные (явные), покрываемые из себестоимости продукции, и дополнительные (неявные), покрываемые из прибыли. Приверженцы данной концепции приходят к выводу, что понятия «целевые затраты» и «явные издержки» являются тождественными.

Многообразие мнений и концепций вызвано рядом причин. Во-первых, недостатками российского законодательства. При попытке разграничить понятия «затраты» и «расходы» в нормативных документах эти термины все же подменяют друг друга, а тем самым воспринимаются как синонимичные. Во-вторых, желание однозначно связать российскую и иностранную системы учёта через чёткое соотнесение российских терминов «издержки», «затраты» и «расходы» английским «аналогам» «costs», «expenses» и «expenditures» приводит к получению совершенно разных русско-английских пар перечисленных терминов, а значит и к получению различных по экономическому содержанию интерпретаций понятий.

Несмотря на все перечисленные проблемы, порождающие многообразие концепций, необходимо придти к конкретному пониманию экономического содержания рассматриваемых терминов, как основы создания системы контроллинговых показателей предприятия.

## **МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Таким образом, объектом исследования является процесс затрат предприятия, тогда как предметом – их структура и экономическое содержание. Целью исследования в данном случае стало определение и представление экономического содержания затрат. Для достижения поставленной цели был выбран в качестве метода исследования системный подход в контексте логистики, что позволило на основе анализа широкого

спектра источников обосновать процессно-поточковый характер и дифференцировать структуру изучаемого объекта.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Уточнение формулировок определений терминов «затраты», «расходы», «издержки» и их соотношения востребует выделение критериев, по которым возможно классифицировать исследуемые дефиниции, а в дальнейшем выделять и структурировать затраты, расходы и издержки в процессах деятельности предприятия. Дополнение же спектра анализируемых понятий такими, как «траты» и «потери» обуславливает возможность более чётко разграничить анализируемые дефиниции.

Самым широким из представленных понятий является «траты», под которым следует понимать множество актов фактического потребления любых ресурсов вне зависимости от целей деятельности предприятия.

Рассматривая морфологический состав слова «затраты», можно отметить, что приставка придает иную окраску термину. Действительно, центральной категорией контроллинга логистической системы являются именно затраты. Данное положение основывается на понимании экономической деятельности предприятия как затратно-результативного процесса. Другими словами, производство является процессом накопления затрат и переноса (вменения) ценности факторов на вновь создаваемую ценность – продукт. С этой точки зрения затраты характеризуют непосредственно целевое использование ресурсов и факторов.

В научной и специальной литературе встречается множество классификаций затрат по различным критериям. Не претендуя на всеобъемлющий охват критериев, но характеризуя целостное понимание затрат с точки зрения учёта и регулирования, следует выделить основные критерии классификации, представленные в таблице 1.

Критерий классификации	Виды затрат
Объём производства	Постоянные, переменные, общие
Роль функций – процессов	Основные, вспомогательные, обслуживающие
Участие в процессе производства	Производственные, непроизводственные
Вид деятельности	Базовые, дополнительные
Регулирование	Регулируемые, нерегулируемые
Добавление ценности	Эффективные, неэффективные
Реализация продукции	На реализованную и нереализованную продукцию
Экономическое содержание	Материальные, трудовые, амортизационные, прочие

Таблица 1. Классификации затрат

Совокупное представление выявленных критериев классификации позволяет сформировать пространство, целостно характеризующее структуру и явление образования затрат. Данные классификации в основе не требуют дополнительных комментариев. Следует лишь подчеркнуть, что классификация затрат по функциональному признаку обусловлена разной природой их образования в силу разного содержания и соотношения процессов в совокупной деятельности и, соответственно, разного характера образования затрат соответствующих ресурсов. Классификация же затрат по видам деятельности обуславливается их [затрат] отношением к процессам создания-изготовления продукции: базовые затраты включают в себя затраты на производство и реализацию основной продукции предприятия, дополнительные – связаны с финансовой, инвестиционной и прочей деятельностью предприятия.

Из всего множества сравниваемых дефиниций более определённо трактуется понятие «расходы», имеющее отражение в нормативной документации по бухгалтерскому и управленческому учёту. За основу определения примем определение понятия «расходы», закреплённое в российском стандарте ПБУ 10/99 [6]. Таким образом, под расходами понимаются траты, связанные с деятельностью предприятия, включающие помимо затрат, имеющих целевую природу, потери, образующиеся в ходе выполнения процессов предприятия и имеющие нецелевую природу. При соотношении затрат и расходов необходимо учитывать принцип равенства доходов и расходов в отчётном периоде. Следует отметить, что расходы предприятия предстают большей величиной, нежели затраты предприятия. В конечном итоге все затраты включаются в состав расходов, но лишь в процессе реализации созданной ценности можно определить являются ли эти расходы целевыми или нецелевыми.

В свою очередь, издержки предприятия включают потребление ресурсов в процессе производства и реализации основной продукции, а также характеризуют альтернативный способ ведения хозяйства. Обычно издержки классифицируют по «визуальному» признаку относительно учётной политики предприятия на две группы: явные и неявные. К этим группам издержек необходимо добавить также, выделенные из структуры неявных издержек, альтернативные издержки, которые можно определить как издержки упущенных возможностей, представляющие собой ценность других благ, которые можно было бы получить при наиболее выгодном из всех возможных способов использования данных ресурсов. Соотношение издержек, расходов и затрат с учётом выделенных критериев классификаций дефиниций находит отражение на рисунке 1.

		ЗАТРАТЫ				Целевые расходы	Виды расходов
		Место возникновения	Критерий деления	Реализация	Вид деятельности		
Виды издержек	Явные издержки	Дополнительные затраты	Виды затрат	Затраты на реализованную продукцию	Производственные затраты	Целевые расходы	Виды расходов
		Базовые затраты		Затраты на нереализованную продукцию в данном периоде	Непроизводственные затраты		
	Неявные издержки			Затраты на реализованную продукцию, проданную в отчетном периоде	Производственные затраты		
		Непроизводственные затраты			Нецелевые расходы		
Критерий деления	Учетная политика	ПОТЕРИ				Целевая направленность	Критерий деления
ИЗДЕРЖКИ						РАСХОДЫ	

Рис. 1. Соотношение дефиниций «затраты», «расходы» и «издержки»

Таким образом, рассмотренные основные подходы к определению терминов «расходы», «издержки» и «затраты» представляют основу для формирования взаимосвязанной системы изученных понятий, их экономического содержания и места в логистической системе предприятия, обеспечивая тем самым основу формирования системы показателей контроллинга.

Затраты как центральная категория контроллинга логистической системы подлежат дальнейшей детализации и нахождению критериев их идентификации. Это возможно при применении логистического – процессно-поточкового подхода к организации деятельности предприятия, в соответствии с которым его деятельность трактуется как сложный системный потоковый процесс, характеризующийся составляющими его процессами как материальной, так и экономической трансформации в процессе создания-изготовления готового продукта. Экономическая трансформация, в свою очередь, характеризуется двумя составляющими: затратной и результативной. Другими словами, с экономической точки зрения производство является процессом осуществления и накопления затрат (потоком затрат) – вменения ценности ресурсов вновь создаваемой ценности продукта в общем процессе производственной деятельности предприятия. Означенный постулат визуально представлен на рисунке 2.

Системно структурированный поток затрат предстаёт относительно самостоятельным предметом управления в процессе производственной деятельности, что в свою очередь, обуславливает встраивание в структуру управления предприятием механизма контроллинга, предполагающего реорганизацию управления в соответствии с процессно-поточковым подходом. Объектом контроллинга становятся, таким образом, процессы

производства не только и не столько продукта, сколько его ценности, предметом же – затраты и, собственно, ценность производимого продукта. В целостном предметном поле затрат, сформированном выше и представленным в таблице 1, необходимо выделить первичный критерий идентификации потока затрат в структуре потоков предприятия, каковым, по нашему мнению, является роль выполняемых функций – процессов. Дальнейшее обобщение позволяет представить системную структуру потока затрат производственного предприятия, показанную на рисунке 3. В данном случае затраты на выполнение основных производственных процессов предприятия, включают в себя потребление ресурсов при изменении физического состояния и экономического содержания предмета труда – в итоге продукта и в дальнейшем товара – предмета коммерческой деятельности предприятия. Затраты на выполнение процессов вспомогательного характера подразумевают использование их результатов в основном и обеспечивают его ход в производстве. В свою очередь, «обслуживающие» затраты направлены на обеспечение бесперебойности основных и вспомогательных производственных процессов предприятия. Соответственно, экономическая идентификация процессов, а значит и сопутствующее им потребление ресурсов, будет несколько отличаться в зависимости от выбранной точки зрения.



Рис. 2. Поток затрат в структуре потоков производственного предприятия

Так, ресурсы, используемые непосредственно для производства продукции признаются затратами, поскольку направлены непосредственно на создание ценности для потребителя (выполнение основных процессов предприятия). Тогда как потребление ресурсов для выполнения обеспечивающих процессов к затратам предприятия не относится, поскольку не является целевым использованием ресурсов, направленным на создание ценности – продукта именно для потребителя. Хотя с позиции выполнения обеспечивающих процессов такое потребление считается затратами, направленными на создание ценности для внутреннего потребителя – подразделения, осуществляющего основные процессы предприятия.

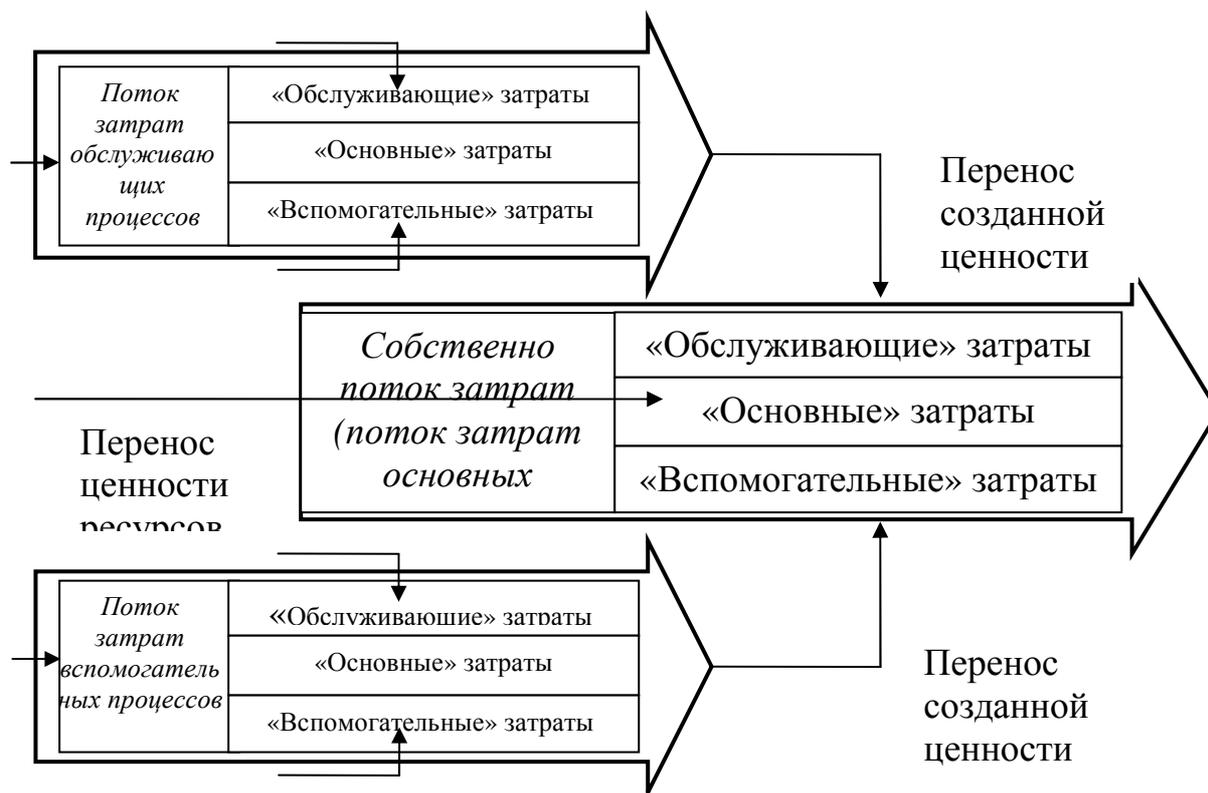


Рис. 3. Поток затрат

Системно структурированный поток затрат как предмет управления в процессе производственной деятельности предприятия востребует дальнейшей декомпозиции затрат по степени регулируемости (регулируемые и нерегулируемые) и по уровню добавленной ценности (эффективные и неэффективные). В этой связи оптимизационные решения, в первую очередь, касаются неэффективных регулируемых затрат. Стоит отметить, под оптимизацией затрат в данном случае понимается такой размер затрат из всех обозримых вариантов, который максимизирует соотношение результаты/затраты предприятия в целом при прочих равных. Деление затрат, в свою очередь, по экономическому содержанию (материальные, трудовые, амортизационные и прочие) и в зависимости от изменения объёма производства (постоянные, переменные и общие) позволяет конкретизировать природу затрат, механизмы их возникновения и, как следствие, определить способы их отслеживания, анализа и регулирования, возможность использования тех или иных инструментов контроллинга.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, приведённая дифференциация понятий «затраты», «расходы», «издержки» создаёт основу более предметной идентификации процессов преобразования ресурсов в продукт. Понимание собственно

процесса затрат как процесса вменения ценности ресурсов ценности создаваемого продукта позволяет представить ценностно-стоимостную структуру последнего. Особо стоит отметить тот факт, что для процессно-поточковой организации деятельности значима и необходима структурно полная и содержательно чёткая классификация целостной совокупности затрат предприятия, позволяющая точно их идентифицировать, квалифицировать и определять в общей структуре логистического потока и на этой основе осуществлять управление затратами производственного предприятия. Определённо, дальнейшие исследования этого направления необходимы для однозначного (в идеале) определения экономической сути параметров, являющихся основными при планировании и организации учёта.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Бухгалтерский учёт, налоги, хозяйственное право: словарь//[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://slovari.yandex.ru/dict/accounting/article/893.htm>.
2. Вахрушина М.А. Бухгалтерский управленческий учёт: Учеб. Для студентов вузов, обучающихся по экон. специальностям – 4-е изд., - М.: Омега-Л, 2006. – 576 с.
3. Грицай А.В. Расходы, затраты, издержки – синонимы или самостоятельные экономические категории. // Вестник БГЭУ. -2003г. -№3. –с.38-41.
4. Николаева О.Е., Шишкова Т.В. Классический управленческий учёт. – М.: Издательство ЛКИ, 2010. – 400 с.
5. Положение по бухгалтерскому учёту «Расходы организации» ПБУ 10/99 (в ред. Приказов Минфина РФ от 30.12.1999 N 107н, от 30.03.2001 N 27н) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nalog.consultant.ru/doc31505>.
6. Трубочкина М.И. Управление затратами предприятия. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 218 с. (Серия «Высшее образование»).
7. Яругова А. Управленческий учёт: опыт экономически развитых стран / Пер. с польск. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 240 с.

# STANDORTWAHLENTSCHEIDUNGEN IN RUSSLAND MIT HILFE EINER LOCATION CONTROLLING CARD: SPEZIFISCHE MERKMALE UND PRAKTISCHE ERFAHRUNGEN

B. Schubert\*, H. Füssel\*\*, M. Liebl\*\*, D. Ivanov\*\*\*

*\*TU Chemnitz*

*\*\*HÖRMANN-RAWEMA GmbH, Chemnitz*

*\*\*\*Berlin School of Economics and Law*

*E-Mail: divanov@hwr-berlin.de*

Die Standortanalyse betrifft die Lokalisierung eines Unternehmens innerhalb eines bestimmten Wirtschaftsraumes, wobei spezifische Standortgegebenheiten einzuhalten sind. Diese Gegebenheiten werden u.a. durch staatliche Regelungen und Maßnahmen beeinflusst. Speziell für den Wirtschaftsraum Russland müssen bestimmte Standortfaktoren herangezogen und untersucht werden. Einen Lösungsweg die Standortentscheidung umfassend vorzubereiten, bietet die Standortanalyse. Die HÖRMANN-RAWEMA GmbH Chemnitz konnte zu diesem Thema bereits weitreichende praktische Erfahrungen gewinnen und eine Methodik zur Standortanalyse für den russischen Wirtschaftsraum entwickeln. Spezifische Merkmale und Erfahrungen mit Standortwahl-Entscheidung bezüglich des Wirtschaftsraumes Russland sind der Gegenstand dieses Beitrages.

## Location planning in Russia with the help of a location controlling card: specific features and practical experiences

Location analysis defined the enterprise positioning within a certain economic area where specific location features should be taken into account. They include different regulations and measures. In Russia, such specific location factors play an important role. The location analysis can help in such global location decisions. The HÖRMANN-RAWEMA GmbH Chemnitz has gained significant experiences in the methods of location planning in Russia. The analysis of specific location factors and a framework for taking location decisions in practice are presented in this paper.

*Keywords:*

Location planning, global supply chain, key performance indicators, location scorecard

### **Einführung**

Ein Standort ist „der geografische Ort, an dem ein Wirtschaftsbetrieb aktiv ist, d.h. [seine] Güter erstellt oder verwertet“ [1]. Daher kommt der Wahl des Standortes und damit der funktionsgerechten und wirtschaftlichen Bodennutzung des Standortes eine besondere Bedeutung zu. Dies ist einerseits bei Betrachtungen von vorhandenen Standorten und andererseits für die Wahl und Planung von neuen Standorten der Fall.

Die Entscheidung für oder gegen einen Standort ist häufig eine kurzfristige Angelegenheit, die Konsequenzen der Standortwahl wirken sich jedoch langfristig auf die künftige Entwicklung eines Unternehmens aus. [2] Fehler sind dabei schwer zu revidieren und zugleich kostenintensiv. Um die Wichtigkeit und Tragweite einer solchen Investitionsentscheidung zu verdeutlichen, sollte aufgeführt werden, dass die Produktionsstätte bezogen auf unternehmerische Funktionsbereiche und das Finanzierungsvolumen, die umfangreichste Direktinvestition darstellt. [3] Die Standortwahl sollte deshalb ein unzertrennlicher Teil der Unternehmensstrategie sein.

In den letzten Jahren hat die Internationalisierung der wirtschaftlichen Aktivitäten enorm zugenommen. An diesem Prozess sind überwiegend Großunternehmen beteiligt, aber auch zunehmend mittlere Unternehmen. Dieser Internationalisierungsprozess wird durch einige Faktoren begünstigt. Dazu gehören der Abbau von Handels- und Kapitalverkehrshemmnissen, die räumliche und zeitliche Globalisierung der Weltwirtschaft aufgrund der fortschreitenden Informations- und Kommunikations- sowie Verkehrstechnologie und der Zwang zur Steigerung des Absatzes, welcher durch die industrielle Massenproduktion bedingt ist. [4] Diese Entwicklung geht allerdings auch mit dem Bedeutungsgewinn der neuen Märkte, wie Ost- und Südeuropa, Asien und Russland einher.

### **Russland - Markt der Zukunft**

Russland, als das größte Land der Erde erscheint für viele Westeuropäer unfassbar und geheimnisvoll zugleich. Es weist eine Ausbreitung von 17.000.000km<sup>2</sup> und eine Bevölkerungszahl von über 140 Mio. Menschen (2011) [5] auf. Für viele wirkt das sich über 9 Zeitzonen erstreckende Land [5] teilweise aufgrund seiner Vergangenheit widersprüchlich und unberechenbar. Jedoch strahlt Russland heutzutage eine Faszination aus, die auch zunehmend von westlichen Investoren erkannt wird. Das immense wirtschaftliche Potenzial ist eines der vielen Gründe, warum das Interesse von Unternehmen an diesem Land in den letzten Jahren ununterbrochen stark steigend ist.

Das Interesse von deutschen Unternehmen an Russland ist in verschiedenen Themen begründet. Seit Beginn der 90er Jahre steigt die Orientierung international handelnder deutscher Unternehmen einen Markteintritt in Russland zu wagen. Seit diesem Zeitraum veränderte sich die Verteilung der weltweiten Direktinvestitionen stark. Diese wurden überwiegend unter Industrieländern vor Beginn der 90er Jahre getätigt. Jedoch empfangen seit dieser Zeit hauptsächlich Entwicklungs- und Reformländer Direktinvestitionen - darunter auch Russland. Nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion hatte gerade dieses Land Bedarf an ausländischem Kapital, um den wirtschaftlichen Aufholprozess finanzieren zu können. In dieser Zeit betrachteten deutsche Unternehmen Russland u.a. als kostengünstigen Standort für das Auslagern von bestimmten Teilen der Wertschöpfungskette. Dass Russland als profitabler Absatzmarkt von internationalen Unternehmen erkannt wurde, geschah nur allmählich. Genau dieser Aspekt bewirkt

die Notwendigkeit die spezifischen Standortgegebenheiten Russlands zu analysieren und die entscheidenden Punkte bei Standortwahl-Entscheidungen herauszuarbeiten. [6]

### **Merkmale von Standortentscheidungen**

Um den optimalen Standort ermitteln zu können, bedarf es neben der Kenntnis der relevanten Standortfaktoren ein Verfahren, welches es ermöglicht, die als entscheidend erachteten Standortfaktoren quantitativ und qualitativ zu bewerten. [7]

Wird die Standortplanung als Entscheidungsprozess betrachtet, besteht das Ziel darin, aus einer Menge potenzieller Standorte für ein Unternehmen einen bzw. mehrere so herauszufiltern, dass eine maximale Übereinstimmung zwischen Standortanforderungen und Standortbedingungen besteht und dabei die Maximierung des wirtschaftlichen Erfolges gewährleistet werden kann. [8] Dies kann verwirklicht werden, indem für eine komplexe und unsichere Entscheidungssituation eine möglichst optimale Informationsbasis geschaffen wird. Der Standortplanungsprozess selbst ist durch eine hohe Komplexität gekennzeichnet. Hinzu kommt noch, dass die Initiierung und der Ablauf eines solchen Entscheidungsprozesses stets individuell und einzelfallabhängig sind. [9]

### **Praktische Erfahrungen: Standortauswahl für einen Zulieferer-Cluster in Russland**

Die **HÖRMANN-RAWEMA GMBH** ist ein erfahrener sowie leistungsfähiger Engineering-Dienstleister der Fahrzeugindustrie. Basierend auf langjähriger Erfahrungen und Lizenzen für die Ausführung aller Projektierungs- und Realisierungsaufgaben auf dem Territorium der Russischen Föderation bei der Durchführung schlüsselfertiger Projekte kann **HÖRMANN-RAWEMA** dem Kunden Standortuntersuchungen, Genehmigungs- und Ausführungsplanungen sowie Projektrealisierung und -überwachung bieten. Praktische Erfahrungen konnten auf diesem Gebiet in den letzten Jahren mit der Standortanalyse für verschiedene deutsche Unternehmen gewonnen werden.

Ein Beispiel dafür ist ein Projekt zum Aufbau eines Industrie-Clusters Landmaschinen in Russland. **HÖRMANN-RAWEMA** übernahm dabei die Analyse der Standortbedingungen sowie die Vorbereitung der Standortauswahl. An den Arbeitskreissitzungen waren vier Clusterteilnehmer beteiligt. Diese stellten Zulieferer für Landmaschinenhersteller dar. Ziel der Standortanalyse ist es, am Ende die Standortentscheidung so vorzubereiten, dass die verschiedenen Interessen der Clusterteilnehmer möglichst austariert werden. Die dabei zu untersuchenden Baugrundstücke sollen aus strategischer, logistischer, infrastruktureller, genehmigungsrechtlicher, baulicher sowie nachhaltiger Sicht analysiert und bewertet werden. Bild 1 beschreibt die 10 Schritte der Vorgehensweise zur Standortanalyse, welche typischerweise von der **HÖRMANN-RAWEMA** durchgeführt werden. Diese Vorgehensweise wurde durch ein anschließendes dynamisches Standort-

controlling ergänzt, was mit Hilfe einer so genannten Location Control Scorecard erfolgen kann.

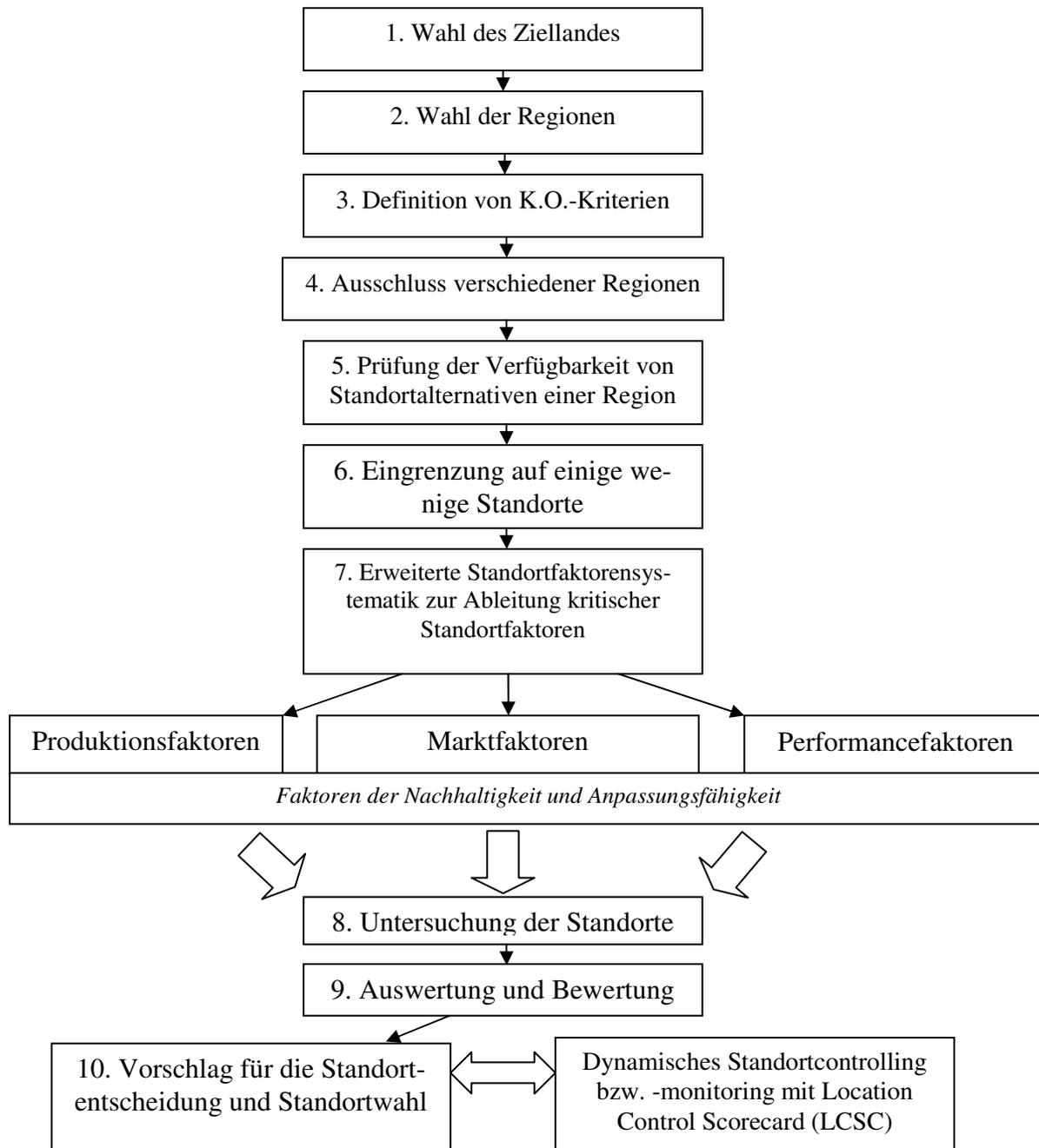


Bild 1: Beispiel einer Methode der Standortanalyse mit dynamischer Standortbewertung

Der erste Schritt besteht in der Wahl des zukünftigen Landes (Schritt 1), in dem sich die zu analysierenden Standorte befinden sollen. Diese Auswahl wurde bereits getroffen. Hier spezialisierten sich die Clusterteilnehmer auf den europäischen Teil Russlands. Die Standortanalyse setzt demzufolge mit Schritt zwei ein bei dem verschiedene Regionen untersucht werden (Schritt 2).

Die Wahl von K.O.-Kriterien (Schritt 3) eignet sich gut, um die relativ hohe Zahl an Regionen schnell einzuschränken und eine Vorzugsregion zu bestimmen. K.O.-Kriterien sind Standortfaktoren, die der zukünftige Standort in jedem Fall aufweisen muss. Diese wurden mit den Clusterteilnehmern gemeinsam festgelegt. Dabei können zum Beispiel die vorhandenen Lieferketten (Kunden, Lieferanten), die Anbindung an die Auto-/Eisenbahn, das Vorhandensein von ausreichend Energiressourcen oder Qualität und Quantität der verfügbaren Arbeitskräfte ausschlaggebende Faktoren sein.

Nach dem Ausschluss bestimmter Regionen (Schritt 4) muss die Verfügbarkeit von geeigneten Standorten in den Städten der Region geprüft werden (Schritt 5). Vorstellbar bzw. empfehlenswert für die Mitglieder des zukünftigen Industrieclusters waren 6 potentielle Standorte (Regionen). Um den Rahmen einer Standortanalyse nicht zu sprengen, werden nicht mehr als 5-6 Regionen (Long List) in Betracht gezogen. Zur Einschränkung der Varianten empfiehlt sich in diesem Schritt erneut die Verwendung von K.O.-Kriterien.

Damit ist die Grobauswahl beendet (Schritt 6). Im nächsten Schritt werden aufgrund verschiedener Kategorien und auf Basis der Projekterfahrungen durch **HÖRMANN-RAWEMA** verschiedene Standortfaktoren vorgeschlagen, welche nach Themengruppen strukturiert sind. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Themengruppen, aus denen die Standortfaktoren gewählt werden können.

<b>Standortkriterien - Themenbereiche</b>		
<b><u>monetär</u></b>	<b><u>nichtmonetär quantitativ</u></b>	<b><u>qualitativ</u></b>
Grundstückskosten	Verkehrsanbindung (Autobahn, Bundesstraßen, Flughafen usw.)	Bebauungsplan
Energiekosten	Verfügbarkeit von Elektroenergie, Erdgas	Baurecht
Personalkosten	Verfügbarkeit von Arbeitskräften	Gebäudehöhen
Wasserkosten	Wasserversorgung/ Abwasserentsorgung	Gebäudezuschnitt
Steuern/ Steuervergünstigungen	Telekommunikation/ Internet	Geländeprofilierung
Rohstoffpreise	räumliche Nähe zu Lieferanten	Qualifikation der Arbeitskräfte

Tabelle 1: Beispiel für Themenbereiche der Standortkriterien

Das Auswählen und Gewichten der Standortfaktoren (Schritt 7) erfolgt in einem von **HÖRMANN-RAWEMA** moderierten Workshop, zu dem alle Clusterteilnehmer eingeladen werden. **HÖRMANN-RAWEMA** empfiehlt, maximal drei Standorte mit konkreten Grundstücksofferten in die Feinauswahl aufzunehmen. Dabei sollen stets aktuell verfügbare und zuverlässige Informationen beschafft werden, da dies essentiell für eine effektive Bewertung der einzelnen Standortalternativen ist.

In die Besichtigung der Standorte während der Feinanalyse sollte der zukünftige Investor mit eingebunden werden. Dieser sollte auch in die Besichtigung der Grundstücke innerhalb der Feinanalyse einbezogen werden. (Schritt 8). Die anschließende Auswertung und Aufbereitung der gesammelten Informationen sowie der Standortbesuche erfolgt durch **HÖRMANN-RAWEMA** (Schritt 9), welche die gewonnenen Ergebnisse den Standortsuchenden in einem weiteren Workshop präsentiert. In diesem Workshop erfolgt dann die gemeinsame Punktbewertung der Standorte auf Basis der vorliegenden Informationen und Meinungen der handelnden Personen. Zur Objektivierung der Entscheidungsfindung soll ein geeignetes Standortauswahlverfahren zum Einsatz kommen, beispielsweise ein Scoring-Verfahren. Die Ergebnisse werden in Schritt 10 schließlich zu einem Entscheidungsvorschlag zusammengefasst. Wichtig während des gesamten Standortauswahlprozesses ist es, dass durch das Analyseteam der Entscheidungsträger in alle Auswahlsschritte eingebunden wird.

Ist die Standortentscheidung getroffen, empfiehlt es sich, diese einem regelmäßigen Standortcontrolling bzw. -monitoring zu unterziehen, was mit Hilfe der „Location Control Scorecard“ erfolgen kann. Da solche Entscheidungen strategisch bedeutend sind und einer dynamischen Entwicklung unterliegen, sollten gerade ausländische Standorte systematisch in einem Erfolgscontrolling und Monitoring in gleichen Abständen untersucht werden.

Die Location Control Scorecard basiert dabei auf dem Konzept der Balanced Scorecard, welche eine Kennzahlensystematik darstellt. Hierbei werden Kennzahlen typischerweise aus vier verschiedenen Perspektiven betrachtet (Finanz-, Kunden-, Mitarbeiter- und Prozessperspektive), die in einem ausgewogenem (balanced) Verhältnis zu einander stehen. Ausgewogen heißt, dass beispielsweise monetäre und nicht-monetäre Kennzahlen einbezogen werden.

Ein Beispiel für eine monetäre Kennzahl ist der standortspezifische Cash-Flow (Summe der über den Betrachtungszeitraum von 5 Jahren abgezinsten Differenzen von Einzahlungen und Auszahlungen (Free CF) ohne Steuern (Discounted Cash Flow in Mio. €). Nicht-monetär wäre bspw. die Standortflexibilität gemessen anhand der Erweiterbarkeit des Grundstückes in km<sup>2</sup>. [10]

### **Zusammenfassung**

Die Standortwahl eines Unternehmens ist ein stark geschäftsbezogener und einmaliger Vorgang, welcher sich wesentlich auf die Unternehmensstrategie auswirkt. Im Zuge der Globalisierung und Erschließung neuer Märkte gewinnen die länderspezifischen Faktoren für die Standortentscheidung an Bedeutung. Diese Gegebenheiten werden u.a. durch staatliche Regelungen und Maßnahmen beeinflusst.

Die **HÖRMANN-RAWEMA** GmbH Chemnitz konnte zu diesem Thema bereits weitreichende praktische Erfahrungen gewinnen und eine Methodik zur Standortanalyse für den russischen Wirtschaftsraum entwickeln. Spezifische Merkmale und Erfahrungen mit Standortwahl-Entscheidung bezüglich des Wirtschafts-

raumes Russland wurden in diesem Beitrag dargestellt. Speziell für den Wirtschaftsraum Russland müssen bestimmte Standortfaktoren herangezogen und untersucht werden. Einen Lösungsweg, die Standortentscheidung umfassend vorzubereiten, bietet die Standortanalyse auf der Basis der entwickelten Location Control Scorecard. In der erweiterten Version der Location Control Scorecard werden auch die Kennzahlen für die Bereiche Nachhaltigkeit und Anpassungsfähigkeit verwendet [11].

## Literatur

- [1] Voigt, K.-I.; Neumair, S.-M.: Standort: Kurzerklärung. URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/standort.html>, 08.11.2011.
- [2] Grundig, C.-G.: Fabrikplanung, München 2000.
- [3] Autschbach, J.: Internationale Standortwahl, Wiesbaden 1997.
- [4] Oppenländer, K.-H.: Wirtschaftliches Wachstum und Strukturwandel in den achtziger Jahren und ihre Rückwirkungen auf den Groß- und Außenhandel, Bonn 1980.
- [5] Bundeszentrale für politische Bildung: Dossier Russland. URL: <http://www.bpb.de/themen/USFX4D>, 14.11.2011.
- [6] May, B.: Markteintrittsstrategien deutscher Unternehmen in Russland: Auswirkungen der interkulturellen Unterschiede auf den Geschäftserfolg. Norderstedt 2009.
- [7] Hansmann, K.-W.: Industrielles Management, 8. Aufl., München, Wien, 2006.
- [8] Domschke, W./Drexl, A.: Logistik Standorte, München 1990.
- [9] Roman, K.: Standortplanung für Produktionsstätten: Eine Einführung in die Standortplanung, Norderstedt 2007.
- [10] Kinkel, S.: Erfolgsfaktor Standortplanung: In- und ausländische Standorte richtig bewerten, Berlin Heidelberg 2004.
- [11] Schubert, B.: Erarbeitung eines Controlling-Konzeptes zur Analyse der Anpassungsfähigkeit von Supply Chains unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit und ihrer Auswirkungen auf die Standortwahl, Masterarbeit, TU Chemnitz, 2011.