

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕРМОДАЛЬНЫМИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ

**В. С. Лукинский (Санкт-Петербург), А. В. Романов (Рига, Латвия),
В. А. Зеленцов, Н. П. Кириллов, С. А. Потрясаев, Б. В. Соколов (Санкт-Петербург)**

Введение. 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 и складирования* будут рассматриваться как предмет потребления. Поставщики производимой продукции, которые располагаются в различных регионах мира, а также поставщики транспортно-логистических услуг будут вынуждены торговать опционами и заключать фьючерсные сделки на организацию интермодальных перевозок, предполагающих согласованное привлечение различных видов транспортных средств (автомобильных, железнодорожных, авиационных, речных, морских). Основными нововведениями, обеспечивающими успешную практическую реализацию такого рода услуг будут, во-первых, новейшая технология XXI века – технология радиочастотной идентификации (RFID-технологии) заключающаяся в замене штрихового кода на электронные знаки, каждый из которых представляет собой интеллектуального агента, функционирование которого будет осуществляться в формируемом через Интернет мировом информационном пространстве, и, во-вторых, на мобильных информационных технологиях, базирующихся на беспроводных широкополосных каналах связи.

Важную роль в реализации перечисленных технологий отводится существующим и перспективным автоматизированным системам управления (АСУ) интермодальными транспортно-логистическими сетями (ИТРС). Предварительные исследования по предлагаемой тематике показали, что перспективные АСУ ИТРС должны проектироваться как распределенные, унифицированные, многофункциональные системы с рекурсивным, самопроизводящимся операционально замкнутым характером коммутационных отношений. Важнейшей проблемой применительно к АСУ ИТРС была и остается проблема обоснования облика указанных систем на ранних этапах их жизненного цикла. В рамках данного доклада уделим основное внимание вопросам обоснования облика модельно-алгоритмического обеспечения (МАЛО) решения анализа и синтеза АСУ ИТРС, как одного из главных компонентов данной системы.

Состояние исследований по рассматриваемой проблеме. Задачи управления конфигурацией (структурно-функционального синтеза) сложных объектов (в нашем случае АСУ ИТРС), относящихся к классу систем с динамически изменяющейся структурой, занимают одно из ключевых мест в жизненном цикле подобных систем. Согласно определению стандартов IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) *управление конфигурацией* (configuration management) подобных объектов включает: (а) спецификацию характеристик объекта и его компонентов (функционально законченных компонентов объекта), (б) выбор типовых решений реализации компонентов и их комплексирование в конфигурацию, т.е. конфигурирование, (в) управление изменениями конфигурации объекта и его компонентов на протяжении жизненного цикла, (с) проверки согласованности (корректности) изменений конфигурации.

Обобщенная задача конфигурирования (реконфигурирования) системы данного класса может быть определена следующим образом. Система состоит из набора компонентов, связанных между собой ассоциативно и/или иерархично, и набора ограничений

или правил, связывающих эти компоненты. Качество (обоснованность) решения сильно зависит от набора возможных конфигураций системы, т.е. ее возможных компонентов, их параметров, ограничений и т.п., поскольку он определяет пространство поиска решений. Следовательно, чтобы улучшить эффективность решения задачи целесообразно использовать различные источники информации, что значительно увеличит пространство поиска. Такой подход позволит найти новые решения, которые могут быть упущены в противном случае. Кроме того, такой подход позволит найти новые закономерности и правила за счет анализа больших объемов информации.

Основной целью задачи конфигурирования (синтеза) системы является поиск ее эффективной конфигурации, удовлетворяющей заданным требованиям и обеспечивающей наилучшие значения критериальных функций, с помощью которых оценивается качество системотехнических решений. Одним из подходов к решению таких задач является использование механизма сетей ограничений.

Другой тип задач, исследуемых в ИТЛС, это задача размещения заказа, подразумевающая наличие некоторого объема работ (заказ), который необходимо выполнить, и некоторых технологических мощностей (ресурсов участников виртуального предприятия), способных выполнять эти работы. Данная задача также является одной из задач конфигурирования.

Организация процесса конфигурирования в системах поддержки процессов принятия управленческих решений, основанная на выборе и комплексировании типовых решений, требует использования знаний о предметной области. При этом возможно несколько подходов к организации процесса конфигурирования, зависящих от выбранного представления знаний. Первый подход основывается на технологии, использующей представление знаний в виде правил. При этом обычно рассматриваются только знания о внешних свойствах решений, а логический синтез решений имитирует действия эксперта. Второй подход основывается на технологии, использующей представление знаний в виде моделей ограничений (*constraint-based models*). Данная технология создана для функциональной спецификации объекта и задания отношений между компонентами объекта (типовыми решениями) в виде ограничений, определяемых над компонентами и их атрибутами. Эти ограничения используются для выбора гипотетических конфигураций или как рекомендации для выбора компонент. Подобные системы являются более эффективными, чем системы первого типа. Однако при конфигурировании сложных структурированных объектов возникает комплекс проблем, связанных с наличием алгоритмически вычисляемых ограничений и необходимостью достижения баланса по некоторым видам требований между значениями отдельных атрибутов разных компонент.

Важная роль при проектировании, создании, эксплуатации и развитии АСУ ИТЛС отводится методам комплексного моделирования указанных систем. Анализ перечисленных ранее особенностей формального описания и исследования АСУ ИТЛС, показывает, что при моделировании и управлении данными объектами и системами следует базироваться на концепциях и принципах, положенных в основу современных технологий системного (комплексного) моделирования. Более того, как показывает анализ, при решении проблемы структурно-функционального синтеза (конфигурирования) облика гибридной интеллектуальной системы управления ЛС целесообразно рассматриваемые технологии системного моделирования, традиционно связанные с количественными вычислениями, дополнить интеллектуальными информационными технологиями (ИИТ), ориентированными на символьную обработку информации.

Предлагаемые модели, методы и подходы. Потенциальные возможности повышения эффективности решения задач интермодальной транспортной логистики за счет использования новых информационных технологий заключаются в своевременном

получении данных и информации, требуемой для решения задач планирования и оперативного управления перевозками, а также оперативной обработки этой информации для принятия соответствующих решений. Другими словами, для этих целей требуется создание в рамках соответствующей АСУ ИТЛС специализированной интегрированной системы поддержки принятия управленческих решений (ИСППУР), которая в настоящее время отсутствует.

Применительно к области транспортной логистики с этой точки зрения необходимо научиться решать с общесистемных позиций следующие основные задачи [10-11, 22, 27]: управление каналами снабжения и сбыта; формирование плана поставок; анализ и предварительный расчет затрат на транспортировку; выбор оптимальной схемы транспортировки и ее оперативной корректировки в зависимости от изменения текущих условий; построение систем и определение процедур мониторинга и контроля процессов движения транспортных средств и грузов; определение точек логистического контроля и его периодичности; инициализация поставки; расчет стоимости предоставляемых услуг на основе полученных данных; проведение комплексного количественного и качественного анализа логистических процессов; поиск новых поставщиков товара и исполнителей услуг по критерию «эффективность/стоимость» на основе использования полученных данных; обеспечение информационной безопасности процессов управления логистическими сетями.

Очевидно, что для достижения указанной выше цели необходимо, в первую очередь, обеспечить взаимосвязанное, скоординированное функционирование перечисленных интермодальных транспортно-логистических процессов. Практическая реализация такой координации возможна за счет их *комплексной интеллектуализации и автоматизации*, и, в частности, создания и использования соответствующих **интегрированных автоматизированных систем управления интермодальными транспортно-логистическими сетями** (далее – ИАСУ ИТЛС).

Задачи, возлагаемые на ИАСУ ИТЛС, определяют общий облик этой системы. Она должна включать: информационную подсистему, обеспечивающую сбор и хранение информации о потребностях и возможностях перевозок различных грузов; подсистему генерации возможных альтернативных вариантов перевозок; подсистему прогнозирования состояния транспортных каналов; подсистему выбора вариантов решений, обеспечивающую выбор из множества альтернатив наиболее рациональных решений; подсистему оперативного управления грузоперевозками.

Необходимым условием для решения перечисленных выше задач является наличие информации: о потребностях грузоотправителей в перевозке грузов, их адресах, характеристиках этих грузов; об адресах, сроках и других условиях их доставки; о возможностях в перевозке различных грузов, тарифах грузоперевозчиков, сроках и прочих условиях доставки. Логика работы ИАСУ ИТЛС состоит в следующем. Грузоотправители и грузоперевозчики сообщают информационной подсистеме ИАСУ ИТЛС информацию о своих потребностях и возможностях в перевозке грузов. Эта информация систематизируется и структурируется по множеству параметров, характеризующих грузы, условия их перевозки, сроки и координаты мест их отправления и доставки, возможности и местонахождение транспортных средств перевозчиков, тарифные ставки и т.п. Грузоперевозчики, помимо информации о своих возможностях, могут подавать в ИАСУ ИТЛС заявки на перевозку грузов. Цель подачи таких заявок заключается в обеспечении полной загрузки транспортных средств, которая может быть обеспечена за счет комплексирования грузов различных грузоотправителей одним и тем же грузополучателям, а также грузополучателям, расположенных по пути следования транспортных средств или близко расположенных друг от друга территориально.

При поступлении заявок на грузоперевозки информационная подсистема анализирует решение задачи генерации возможных вариантов их удовлетворения на основе имеющейся в ней информации о возможностях и потребностях грузоперевозчиков и информации об ожидаемом состоянии транспортных каналов. Результатом решения этой задачи являются возможные варианты грузоперевозки, выбираемые **по общим** для всех пользователей ИАСУ ИТЛС критериям, с учетом **всех** имеющихся в системе заявок на обслуживание и их приоритетов.

Информация о состоянии транспортных каналов формируется на основании информации, получаемой из различных источников. Источниками такой информации могут быть службы, управляющие состоянием транспортных каналов (в частности, – ГИБДД для автомобильного транспорта), лица, управляющие транспортными средствами, организации – грузоперевозчики, системы мониторинга движения транспортных средств, менеджеры складских терминалов и т.п.

Пользователи ИАСУ ИТЛС могут задавать различные дополнительные специфические условия и требования выполнения своих заявок на обслуживание, что обуславливает необходимость дополнительного анализа найденных вариантов грузоперевозок и выбора из них наиболее приемлемых вариантов решений для каждого отдельного заказчика. Информация о выбранном решении (вариантах) передается заказчику. В случае использования этой информации заказчиком при заключении соответствующего договора на грузоперевозку, она должна быть исключена из базы данных ИАСУ ИТЛС. Следовательно, заказчик должен каждый раз при взаимодействии с ИАСУ ИТЛС сообщать этой системе о выбранных им вариантах решения своих потребностей.

Информация о корректирующих решениях доводится для их исполнения лицам, управляющим транспортными средствами, а также другим участникам процесса транспортировки грузов, если таких участников несколько (в частности, ими могут быть транспортные терминалы). Кроме того, информация о подтверждении или изменении сроков поставки грузов периодически или по запросам доводится грузополучателю для внесения им своевременных изменений в собственные планы использования ожидаемых грузов.

Анализ предложенной концептуальной модели ИАСУ ИТЛС показывает, что такие системы целесообразно создавать в крупных промышленно-торговых центрах, регионах и транспортных узлах, к которым, в частности, относится Санкт-Петербург и Ленинградская область. Региональные центры ИАСУ ИТЛС, по мере их создания, могут быть объединены в соответствующую единую пространственно-распределенную систему страны. Поэтому уже на первых этапах разработки региональной ИАСУ ИТЛС необходимо рассматривать ее как базовый элемент единой пространственно-распределенной системы.

Предварительный анализ показал, что эффективная реализация автоматизированных систем управления конфигурацией логистических сетей возможна только на основе интеграции современных информационных технологий (НИТ) и их дальнейшей интеллектуализации. Такими перспективными технологиями являются: технология совмещенного проектирования (*concurrent engineering, hardware and software co-design*), технология удовлетворения ограничений (*constraint satisfaction*), технологии системного моделирования и интеллектуального управления, технология создания объектно-ориентированных и интеллектуальных баз данных, технология интеллектуальных геоинформационных систем, технология проектирования и применения многоагентных и гибридных систем [3–7, 11, 18, 19, 25, 26, 29, 30].

В основу интеллектуальной информационной технологии, представленной в докладе, положены подходы, которые в настоящее время оцениваются как наиболее перспективные. Они развиваются в основном в рамках решения проблем искусственного

интеллекта в его разделах, ориентированных на исследование задач кооперативного принятия решений в распределенной среде с использованием "интеллектуальных" и "мобильных агентов", а также многоагентных, гибридных и геоинформационных систем и технологий. С данными подходами связаны большие ожидания в области искусственного интеллекта и телекоммуникаций, поскольку предлагаемая парадигма рассматривается как наиболее перспективный путь слияния достижений в отмеченных выше направлениях, как комплексный подход, который приведет к появлению качественно новых возможностей в области информатики и современной кибернетики. Весьма перспективной также является и технология системного моделирования сложных объектов, позволяющая на конструктивном уровне проводить их полимодельное описание и исследование, как с использованием традиционных математических моделей, так и моделей, базирующихся на "мягких вычислениях" (soft computing).

Более того, как показывает анализ, при решении проблемы структурно-функционального синтеза (конфигурирования) облика гибридной интеллектуальной системы управления ЛС целесообразно рассматриваемые технологии системного моделирования [7, 9, 10, 12–13, 15, 22–25, 28, 31–32], традиционно связанные с количественными вычислениями, дополнить интеллектуальными информационными технологиями (ИИТ), ориентированными на символьную обработку информации.

Следует подчеркнуть, что наметившаяся в последнее время тенденция комплексирования различных видов моделей в рамках общей технологии системного моделирования [10, 12–13, 15, 22–25, 28, 31–32 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**], получила свою реализацию и в области ИИТ. Так, например, для взаимного усиления достоинств (компенсации недостатков) каждой из перечисленных ИИТ, создаются гибридные интеллектуальные технологии и соответствующие системы [3,5,26]. Данное научное направление исследований получило название «вычислительного интеллекта». В рамках данного направления решаются проблемы интеграции в единой системе технологий восприятия и логической обработки символьной информации. Имеющийся технологический разрыв между бионическим интеллектом и интеллектом систем логического вывода в настоящее время уменьшают на основе создания fuzzy-neuro-genetic информационных технологий и инструментальных средств. Наряду с гибридными интеллектуальными технологиями широко используется зонтичный термин (от англ. umbrella term) «мягкие вычисления», который был введен в 1994 году профессором Л. Заде и интерпретируется следующей формулой: **Мягкие вычисления = нечёткие системы + нейронные сети + генетические алгоритмы**. Данные мягкие вычисления реализуются соответствующей мягкой интеллектуальной системой, в которой должны гармонично сочетаться технологии управления неопределённостью, технологии обучения и самоорганизации.

Необходимо подчеркнуть [1–7, 22, 25, 26, 29,], что рассматриваемая интеграция предлагаемых методов и технологий осуществляется на *глубинном*, а не *внешнем* уровне, когда различные блоки системы реализуют какой-то один метод решения интеллектуальных задач и взаимодействуют между собой. Глубинный уровень объединения предполагает создание новых методов, использующих на конструктивном (формальном) уровне описания концепты и отношения объединяемых базовых методов.

Говоря о возможных конкретных путях согласования математических (аналитико-имитационных) моделей принятия решений с их логико-алгебраическими и логико-лингвистическими аналогами (моделями), построенными на основе ИИТ, мы будем, прежде всего, ориентироваться на результаты, полученные к настоящему времени в области концептуального программирования [22]. Предлагаемые в рамках данных исследований формализмы, и, в первую очередь, вычислительные модели представления знаний, предоставляют широкие возможности по объединению (интеграции) результа-

тов, полученных ранее с использованием сетевых моделей и методов представления и обработки знаний, с теми результатами, которые базируются на результатах классической теории управления и исследования операций. При этом, как показывает анализ, важная роль в конструктивном решении проблем согласования (координации) моделей принятия решений, рассматриваемых классов, принадлежит таким моделям как сети Петри [22,25]. В докладе приводится оригинальная динамическая интерпретация сетей Петри, позволяющая на конструктивном уровне объединить вычислительные модели, используемые для описания алгоритмов оперативного мониторинга и управления ИТЛС, экспертные модели для описания управляющей деятельности диспетчеров ИТЛС, диалоговые модели для описания человеко-машинного взаимодействия в рамках ИАСУ ИТЛС.

Заключение. В настоящее время существует множество частных подходов к формализации и исследованию проблем анализа и синтеза ИТЛС, а также проектирования их ИАСУ. Данные подходы, как правило, основываются на количественных моделях, описывающих рассматриваемую проблемную область. Однако, решение реальных задач построения и конфигурирования (структурно-функционального синтеза) ИАСУ ИТЛС, базируется в большей степени на разнородных и распределенных декларативных и процедуральных знаниях. При этом главная проблема, связанная со структурно-функциональным синтезом облика ИАСУ, состоит в интеграции указанных данных, информации и 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 докладе описан подход к разработке специального модельно-алгоритмического обеспечения управления ИТЛС, в рамках которого удастся учесть как содержательные аспекты собственно задач логистики, так и собственно технико-технологические и экономические аспекты, связанные с созданием и эксплуатацией соответствующих ИАСУ ИТЛС.

Исследования по рассматриваемой тематике проводились при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 11-08-01016, 11-08-00767, 12-07-13119-офи-м-РЖД, 12-07-00302, 13-07-00279, 13-08-00702, 13-08-01250), Программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект №2.11), проекта ESTLATRUS 2.1/ELRI -184/2011/14 «Integrated Intelligent Platform for Monitoring the Cross-Border Natural-Technological Systems» (2012-2013 гг.), проекта ESTLATRUS/1.2./ELRI-121/2011/13 «Baltic ICT Platform».

Литература

1. **Вагин В. Н., Еремеев А. П.** Некоторые базовые принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени. // Изд. РАН. Теория и системы управления, 2001, №6, с. 114 – 123.
2. **Васильев С. Н.** От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению // Теория и системы управления, 2001. – № 1. – С.5-22; № 2. – С.5-21.
3. **Гаврилов А. В.** Гибридные интеллектуальные системы. Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2003. – 164 с.
4. **Гаврилова Т. А.** Использование онтологий в системах управления знаниями. Труды Международного конгресса «Искусственный интеллект в XXI веке». Россия, Дивноморское, 2001. с. 21 – 32.
5. **Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф.** Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник // СПб.: "Питер", 2000. – 382с.
6. Гибкие производственные комплексы. Под ред. П. Н. Беянина и В. А. Лещенко. // М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
7. **Городецкий В. И.** Многоагентные системы: современное состояние исследований и перспективы применения // Новости искусственного интеллекта, 1996, № 4, с. 44 – 59.

8. **Горский Ю. М.** Системно-информационный анализ процессов управления. – Новосибирск: Наука, 1988. – 200 с.
9. **Емельянов С. В., Ларичев О. И.** Многокритериальные методы принятия решений. – М.: Знание, 1985.
10. Имитационное моделирование производственных систем / **А. А. Вавилов, Д. Х. Имаев, В. И. Плескунин и др.** – М.: Машиностроение; Берлин: Ферлаг Техник, 1983.
11. Информационное обеспечение интегрированных производственных комплексов. Под ред. В. В. Александрова. // Л.: Машиностроение, 1986. – 262 с.
12. **Калинин В. Н., Соколов Б. В.** Многомодельный подход к описанию процессов управления космическими средствами // Теория и системы управления. - 1995.-№1. – с. 56 – 61.
13. **Калинин В. Н., Резников Б. А.** Теория систем и управления (структурно-математический подход). – Л.: ВИКИ, 1987.
14. **Котов В. Е.** Сети Петри. – М.: Наука, 1984. – 160 с.
15. **Краснощёков П. С., Петров А. А.** Принципы построения моделей. – М.: Фазис, 2000. – 400 с.
16. **Кузнецова В. Л., Раков М. А.** Самоорганизация в технических системах. – Киев: Наукова думка, 1987. – 200 с.
17. **Ларичев О. И.** Наука и искусство принятия решений. // М.: Наука, 1979.
18. **Левашова Т. В., Пашкин М. П., Смирнов А. В., Шилов Н. Г.** Принципы построения систем для быстрой интеграции знаний из распределенных источников. Труды конгресса «Искусственный интеллект в XXI веке». 3-8 сентября, 2001. Дивноморское, Россия. М.: Физматлит, 2001, Т. 1. С. 105 – 119.
19. **Левашова Т. В., Пашкин М. П., Смирнов А. В., Шилов Н. Г.** Управление онтологиями. Известия РАН. Теория и системы управления, 2003. № 4. с. 132-146., № 5. с. 89-101.
20. **Лукинский В. В., Шульженко Т. Г.** Оценка эффективности логистической деятельности компании на основе ключевых показателей // Аудит и финансовый анализ, 2011. № 4, С.160-168.
21. **Лукинский В. С., Шульженко Т. Г.** Методы определения уровня обслуживания в логистических системах // Логистика и управление цепями поставок, 2011. № 1 (42). С.70-86.
22. **Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М.** Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных объектов – М.: Наука, 2006.- 410 с.
23. **Панкратова Н. Д., Курилин Б. И.** Концептуальные основы системного анализа рисков в динамике управления безопасностью сложных систем // Проблемы управления и информатики.-2000.-№6. – с. 110–132 (ч.1), 2001.-№2. –с. 108-126 (ч.2)
24. **Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П.** Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
25. **Пономарев В. М., Козловский В. А., Лескин А. А. и др.** Проблемы внедрения гибких производственных систем. Под общ. ред. В. М. Пономарева. // Л.: ЛИИАН, 1998. – 208 с.
26. **Попов Э. В., Фоминых И. Б., Кисель Е. Б., Шапот М. Д.** Статические и динамические экспертные системы. // М.: Финансы и статистика, 1996.
27. Проблемы формирования прикладной теории логистики и управления цепями поставок: монография / Под общ.ред. В.С.Лукинского, Н.Г.Плетневой. – СПб.: СПбГИЭУ, 2011. – 287 с.
28. **Резников Б. А.** Системный подход и актуальные проблемы образования./В Ежегоднике “Системные исследования”, М.: Наука, 1978.
29. **Ржевский Дж.** Мультиагентные системы в логистике и е-коммерции.- http://www.iteam.ru/publications/logistics/section_80/article_2689/
30. **Ростовцев Ю. Г.** Основы построения автоматизированных систем сбора и обработки информации. – СПб.: ВИКИ, 1992. – 717 с.
31. **Ростовцев Ю. Г., Юсупов Р. М.** Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования// Известия ВУЗов. Приборостроение. – № 7, 1991. – С.7-14.
32. **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 350 С.