

А. А. Ханова, О. В. Григорьев, И. О. Бондарева

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ГРУЗОВОМ ПОРТУ

Введение

Основной деятельностью любой стивидорной компании является оказание услуг по перевалке грузов, что позволяет определить грузовой порт как логистическую систему. Рынок услуг по перевалке грузов в настоящее время считается остроконкурентным. В качестве объектов конкурентной борьбы выступают: конкуренция за грузопотоки, инвестиции из различных источников, льготные условия и благоприятный режим работы, трудовые и интеллектуальные ресурсы. Но самым главным для любого предприятия является конкуренция за клиентов. Хорошо известно: для того чтобы заинтересовать клиента, необходимо предложить ему услугу, отличающуюся от услуг, предоставляемых конкурентами, либо новизной, либо уникальностью, либо отличным качеством.

Исходя из специфики своей деятельности, большинство грузовых портов предлагают клиентам примерно один и тот же набор услуг, который обновляется крайне редко и незначительно. Становится очевидным: для того чтобы выгодно отличаться от конкурентов, любому грузовому порту необходимо заинтересовывать клиентов качеством предоставляемых услуг.

Произвести оценку качества логистического обслуживания грузового порта невозможно без учета всех основных процессов, имеющих место в порту, а также без учета различных дополнительных факторов, влияющих на протекание этих процессов. Грузовой порт представляет собой сложную логистическую систему, для исследования качества логистического обслуживания которой необходимо имитационное моделирование [1]. Имитационное моделирование – процесс исследования функционирования системы и её оптимизации с помощью эксперимента. В процессе имитации фиксируются определенные события и состояния или измеряются выходные воздействия, по которым вычисляются характеристики качества функционирования системы [2]. На основе этого можно корректировать выполнение процессов на модели для получения необходимого результата.

Целью исследования являлось изучение работы грузового порта с помощью имитационного моделирования и оценка качества логистического обслуживания порта. Задачи исследования: определить ряд показателей, на основе которых будет оцениваться качество услуг, предоставляемых портом; построить имитационную модель процесса логистического обслуживания; выявить и оценить факторы, влияющие на показатели качества работы порта.

Онтология качества логистического обслуживания в грузовом порту

Деятельность грузового порта представлена в виде теоретико-множественной модели, отражающей следующую совокупность:

$$DGP = \langle OP, RP, Z, G, MF, PK \rangle,$$

где OP – множество основных процессов, протекающих в грузовом порту; RP – множество собственных ресурсов порта, участвующих в погрузочно-разгрузочных работах; Z – множество заявок на осуществление погрузочно-разгрузочных работ, поступающих от клиентов порта; G – множество грузопотоков; MF – множество метеорологических факторов, влияющих на работу порта; PK – множество показателей качества логистического обслуживания, на основе которых производится анализ качества функционирования порта.

Показатели качества можно представить следующим образом:

$$PK = \{pk_i, tg_i, zpk_i\},$$

где tg_i – тип груза, для которого будет рассчитан выбранный показатель качества логистического обслуживания; pk_i – показатель качества логистического обслуживания;

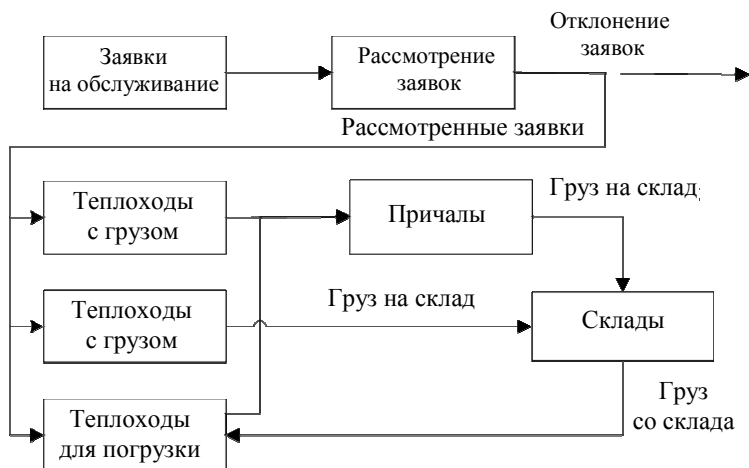


Рис. 2. Структурная схема процесса логистического обслуживания, производимого грузовым портом

В соответствии с концептуальной моделью, используя символику Q -схем, структурную схему модели можно представить в виде, показанном на рис. 3, где И1, И2 и И3 – источники; Н1, Н2 – накопители; К – канал. При этом источник И1 имитирует процесс поступления груза железнодорожным транспортом, И2 – процесс поступления теплоходов с грузом, И3 – процесс поступления теплоходов для осуществления погрузки. Накопитель Н1 имитирует заполнение причалов порта, а накопитель Н2 – заполнение железнодорожных путей порта. Канал К имитирует процесс осуществления погрузочно-разгрузочных работ. Клапаны 1–5 с соответствующими управляющими связями (пунктирные линии) посредством блокировок входов и выходов накопителей отражают управление заполнением и использованием ресурсов грузового порта (кранов и погрузчиков).

Принцип работы Q -схемы (рис. 3) состоит в следующем: клапан 1 на входе накопителя Н1 открыт, если накопитель Н1 не заполнен, в противном случае он закрыт. Клапан 2 открыт, если клапан 1 на входе накопителя Н1 закрыт, в противном случае он закрыт. Клапан 4 на входе накопителя Н2 открыт, если накопитель Н2 не заполнен, в противном случае он закрыт. Клапаны 3 и 5 открыты, если канал К свободен, в противном случае они оба закрыты. Заявки, прошедшие через канал К, считаются обслуженными. Заявки, прошедшие через клапан 2, считаются потерянными заявками.

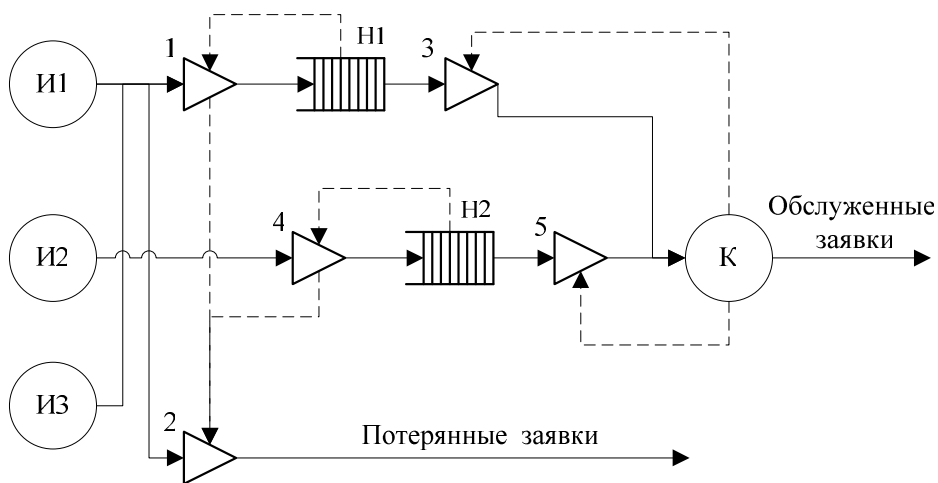


Рис. 3. Структурная схема процесса логистического обслуживания, производимого грузовым портом, в символике Q -схем

Разработана имитационная модель функционирования порта с использованием пакета имитационного моделирования Arena, отражающая совокупность множеств элементов портовой деятельности и процессов, протекающих в грузовом порту [2].

Входными данными являются: статистическая информация; данные о технологических процессах; схематический план грузового района; информация о ресурсной базе порта; информация о влиянии внешних факторов. Основными источниками получения данных стали статистическая отчетность порта по погрузочно-разгрузочным работам и опрос сотрудников. Выходная информация представляется в виде стандартных отчетов Arena, формируемых с помощью генератора отчетов Crystal Report, а также разработанных в Visual Basic for Application. Имитационная модель состоит из следующих групп модулей: 1) основные модули (модуль рассмотрения заявок, модуль погрузки груза на теплоход, модуль прибытия вагонов, модуль прибытия судов с грузом); 2) управляющий модуль (модуль моделирования метеорологических факторов); 3) модули анимации, предназначенные для динамического отображения технологических процессов осуществления погрузочных работ. Объекты модели: ресурсы (крановое и перегрузочное оборудование); транспортеры (локомотивы и паромы); транзакты (прибывающие вагоны и суда); очереди к ресурсам и транспортерам. Адекватность имитационной модели обоснована.

Планирование экспериментов с имитационной моделью и параметрический анализ

Рассмотрим процессы планирования и проведения экспериментов с имитационной моделью с помощью параметрического анализа (анализа чувствительности). Определены факторы, оказывающие явное влияние на каждый из показателей качества логистического обслуживания грузового порта. Из их числа выбраны шесть, влияние которых в той или иной степени присутствует для всех показателей. В качестве факторов, участвующих в осуществлении первого этапа планирования эксперимента, были выбраны следующие: Ф1 – число единиц погрузочной техники (кранов); Ф2 – число единиц погрузочной техники (погрузчики); Ф3 – число причалов порта; Ф4 – площадь складского комплекса грузового порта; Ф5 – интенсивность поступления заявок и Ф6 – норма выгрузки/погрузки грузов.

Необходимо получить начальную оценку влияния каждого фактора на отклики – показатели качества логистического обслуживания грузового порта. Необходимо также определить, будут ли факторы взаимодействовать друг с другом, т.е. будет ли эффект одного фактора зависеть от уровня другого фактора. Для выявления реакции отклика на изменение факторов необходимо поочередно фиксировать и изменять значения факторов [2]. Полнофакторный эксперимент с моделью на основе факторного плана типа 2^6 проводился со следующими изменениями значений факторов: увеличение площади склада на 10 % (увеличение интенсивности поступления заявок на 10 %, т.е. уменьшение интервала времени между моментами прибытия заявок на 10 %); увеличение нормы выгрузки/погрузки на 10 %; увеличение числа кранов, погрузчиков и причалов на 1 единицу соответственно. Численные значения факторов влияния представлены в табл. 1.

Таблица 1

Схема кодирования для факторов экспериментов

Номер фактора	Описание фактора	- (текущее состояние)	+ (измененное состояние)
Ф1	Число единиц погрузочной техники (краны)	9	10
Ф2	Число единиц погрузочной техники (погрузчики)	8	9
Ф3	Число причалов порта	3	4
Ф4	Площадь складского комплекса грузового порта, м ²	15 200	16 720
Ф5	Интенсивность, ч, поступления заявок на погрузку UNIF(a, b):	a b	a b
	асбеста	23,5; 48,5	21,15; 43,65
	бумаги	19,5; 48,5	17,55; 43,65
	пилолеса	25,5; 43,5	22,95; 39,15
	металлопроката	21,5; 37,5	19,35; 33,75
Ф6	Норма выгрузки/погрузки, т/сут:		
	асбеста	600	660
	бумаги	600	660
	пилолеса	1 000	1 100
	металлопроката:		
лист	600	660	
	швеллер	800	880

Матрица плана и соответствующие переменные отклика показаны в табл. 2 вместе с дополнительными столбцами, в которых даны знаки, применяемые при вычислении взаимодействия факторов. Каждый отклик представляет собой значение соответствующего показателя качества логистического обслуживания грузового порта, полученное в ходе одного прогона модели продолжительностью 2 месяца.

Таблица 2

Фрагменты матрицы и результатов моделирования для факторного плана типа 2⁶ с факторами экспериментов

Комбинация факторов (точка плана)	Факторы					
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6
1	-	-	-	-	-	-
2	+	-	-	-	-	-
3	-	+	-	-	-	-
...						
64	+	+	+	+	+	+
	Отклики (R)					
	КП	БП	ВП	РП	СГ	
1	95	59,5	191,25	97,5	98,75	
2	95,25	64,25	164,5	100	99	
3	97,5	72,25	158,75	100	99	
...						
64	88	59,75	152	90,75	98,75	

По результатам эксперимента можно рассчитать эффекты факторов для различных откликов. Рассмотрим сначала эффекты факторов для отклика «Качество погрузки». Главным эффектом фактора *j* является средняя величина изменения в отклике, обусловленная переходом фактора *j* с уровня «-» на уровень «+», в то время как остальные факторы остаются без изменений. Такая средняя величина берется для всех комбинаций уровней факторов.

Для факторного плана типа 2⁶ главный эффект фактора Ф1 определяется как

$$e_1 = \sum_{i=2}^n 2(R_i - R_{i-1})/n,$$

где *i* = 2, 4, 6, 8, ..., 64; *n* = 64 – общее количество комбинаций факторов (точек плана); *R_i* – отклик, соответствующий точке плана *i*. Аналогично рассчитаны и главные эффекты остальных факторов. Для удобства сравнения главных эффектов факторов все значения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значения главных эффектов для факторов влияния

Главные эффекты факторов	Отклики				
	КП	БП	ВП	РП	СГ
<i>e</i> ₁	-1,047	4,492	-7,688	-0,492	-0,023
<i>e</i> ₂	-1,5	-1,242	11,109	-0,584	-0,086
<i>e</i> ₃	-0,453	-0,070	-19,438	-0,039	0,086
<i>e</i> ₄	-0,328	-0,727	-4,422	-1,430	-0,039
<i>e</i> ₅	-1,671	-1,477	-1,172	0,117	0,164
<i>e</i> ₆	-4,468	0,727	0,406	-2,242	-0,195

Анализ табл. 3 позволил выявить существенные изменения показателей качества логистического обслуживания в зависимости от факторов. Наибольшее влияние на показатель «Качество погрузки» оказывает фактор Ф6 (изменение нормы выгрузки/погрузки). Наибольшее влияние на показатель «Безотказность погрузки» оказывает фактор Ф1 (увеличение числа кранов на 1), причем это положительное влияние – с увеличением числа кранов на 1 БП увеличивается на 4,5 %. Наиболее значительное влияние на показатель «Время погрузки» оказывает фактор Ф3 (изменение числа причалов порта) – с увеличением числа причалов на 1 ВП уменьшается более чем на 19 часов, что является существенным изменением. Наибольшее влияние на показатель «Репутация предприятия» оказывает фактор Ф6 (изменение нормы выгрузки/погрузки). Это негативное влияние – с увеличением нормы на 10 % значение РП уменьшается на 2,24 %, что несколько более существенно

может сказаться при ещё большем увеличении нормы выгрузки/погрузки. На показатель «Сохранность груза» наибольшее (хотя и незначительное) влияние оказывает фактор Ф6 (изменение нормы выгрузки/погрузки) – отрицательное влияние: при увеличении нормы на 10 % происходит сокращение значения показателя СГ на 0,19 %. Однако есть и положительное влияние фактора Ф5 (изменение интенсивности поступления заявок) с немного различающимся значением – при увеличении интенсивности на 10 % СГ увеличивается на 0,16 %.

Для принятия более чётких управленческих решений следует рассмотреть влияние нескольких факторов на отклики, поскольку эффект одного фактора некоторым образом будет зависеть от какого-либо другого фактора. В таком случае считается, что эти два фактора взаимодействуют. Степень их взаимодействия можно измерить эффектом взаимодействия двух факторов e_{Φ_1, Φ_2} , который определяется как половина разности между средним эффектом фактора Ф1, когда фактор Ф2 находится на уровне «+» (а все остальные факторы, кроме Ф1 и Ф2, остаются неизменными), и средним эффектом фактора Ф1, когда фактор Ф2 находится на уровне «-» (e_{Φ_1, Φ_2} также называется взаимодействием Ф1 × Ф2).

Для этого необходимо создать новые столбцы в уже имеющейся матрице, состоящие из 64 знаков, путем «умножения» соответствующих i -х знаков в столбцах Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, Ф5 и Ф6 в соответствии с выбранными парами факторов, взаимодействие которых необходимо рассчитать (произведение одинаковых знаков составляет «+», а произведение противоположных знаков – «-»). Таким образом получают столбцы знаков, которые соответствуют знакам откликов R_i , используемых для получения взаимодействия пар факторов. Делитель равен 2^{k-1} , как и в случае определения главных эффектов факторов. Итак, эффект взаимодействия между двумя факторами можно рассматривать как разность между средним откликом, когда оба фактора находятся на одинаковых уровнях (т. е. оба находятся на уровнях «+» или оба на уровнях «-»), и средним откликом, когда факторы находятся на разных уровнях. Исходя из этого, можно записать следующую формулу:

$$e_{af} = \left(\sum_{q=1}^{64} R_q - \sum_{s=1}^{64} R_s \right) / 2^{k-1},$$

где $\sum_{q=1}^{64} R_q$ – сумма значений откликов, когда оба фактора находятся на одинаковых уровнях,

$\sum_{s=1}^{64} R_s$ – сумма значений откликов, когда оба фактора находятся на противоположных уровнях,

q и s – порядковые номера откликов, когда оба фактора находятся на одинаковых и противоположных уровнях соответственно. Эти значения различны для каждой пары факторов. Значения взаимодействия пар факторов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Значения взаимодействия пар факторов

Взаимодействие пары факторов (edf)	Отклики				
	КП	БП	ВП	РП	СГ
e_{12}	2,055	0,101	3,406	1,617	0,054
e_{13}	-0,851	-0,882	5,390	0,539	0,007
e_{14}	-2,132	-0,195	-16,750	-1,351	0,039
e_{15}	-0,414	-0,664	-29,75	-0,523	-0,007
e_{16}	-0,710	-0,117	-11,765	0,148	-0,054
e_{23}	-1,851	-1,960	-6,468	-0,992	-0,023
e_{24}	-0,195	-0,085	9,734	-0,539	0,007
e_{25}	1,742	-1,117	-1,484	0,507	0,179
e_{26}	0,039	-2,695	3,75	0,210	-0,117
e_{34}	-0,757	1,554	-5,781	-1,054	-0,070
e_{35}	1,992	0,117	3,812	1,085	0,070
e_{36}	-0,148	-0,960	-9,671	0,507	0,054
e_{45}	2,960	-0,445	9,765	1,507	0,070
e_{46}	0,195	-0,023	9,281	-1,976	-0,007
e_{56}	2,414	2,351	18,562	0,382	0,101

На основе полученных данных, представленных в табл. 4, можно сделать следующие выводы. Взаимодействие факторов Ф1 и Ф2 является положительным для всех откликов. Это указывает на то, что более высокие значения откликов наблюдаются, когда факторы Ф1 и Ф2 находятся на одном уровне. Взаимодействие факторов Ф1 и Ф3 является отрицательным лишь для откликов КП и БП. Это позволяет сделать вывод о том, что более высокие значения показателей «Качество погрузки» и «Безотказность погрузки», а также наименьшее значение показателя «Время погрузки» наблюдаются, когда факторы Ф1 и Ф3 находятся на разных уровнях. Для всех значений показателя откликов взаимодействие факторов Ф1 и Ф5 является отрицательным значением. Это доказывает, что более высокие значения откликов достигаются при установке факторов на противоположные уровни. При расчете эффектов взаимодействия факторов Ф1 и Ф6 получились отрицательные значения для откликов КП, БП, ВП и СГ, для отклика РП – положительное значение. Это позволяет говорить о том, что когда факторы Ф1 и Ф6 находятся на противоположных уровнях, показатели «Качество погрузки», «Безотказность погрузки» и «Сохранность груза» достигают более высоких значений, а показатели «Время погрузки» и «Репутация предприятия» – более низких. Продолжая рассуждения, можно сделать выводы и о других сочетаниях факторов и их взаимовлиянии на показатели качества.

Наибольшее положительное влияние на показатель «Качество погрузки» оказывает взаимодействие факторов Ф4 и Ф5, наибольшее отрицательное – взаимодействие факторов Ф1 и Ф4. На показатель «Безотказность погрузки» наибольшее положительное влияние оказывает взаимодействие факторов Ф5 и Ф6, наибольшее отрицательное – взаимодействие факторов Ф2 и Ф6. Наибольшее положительное влияние на показатель «Время погрузки» оказывает взаимодействие факторов Ф1 и Ф5, наибольшее отрицательное – взаимодействие факторов Ф5 и Ф6. На показатель «Репутация предприятия» наибольшее положительное влияние оказывает взаимодействие факторов Ф1 и Ф2, наибольшее отрицательное – взаимодействие факторов Ф6 и Ф4. Наибольшее положительное влияние на показатель «Сохранность груза» оказывает взаимодействие факторов Ф2 и Ф5, наибольшее отрицательное – взаимодействие факторов Ф2 и Ф6.

На основе результатов исследования были сформулированы рекомендации к принятию управленческих решений: в качестве складской площади использовать открытую территорию порта, прилегающую к административным зданиям, а также увеличить грузоподъемность погрузчиков за счет увеличения мощности гидравлического привода и (или) гидравлических агрегатов.

Заключение

Построение предметной онтологии позволило систематизировать знания о качестве логистического обслуживания и выявить основные показатели. Для проведения исследования влияния различных факторов на показатели качества была построена имитационная модель грузового порта. Параметрический анализ (анализ чувствительности) имитационной модели качества логистического обслуживания показал, что принимать решение по поводу внесения изменений в осуществление процессов, протекающих в порту, необходимо исходя из соображений наибольшей значимости того или иного показателя для клиента или для руководства порта. Получены знания о влиянии управляемых параметров на следующие показатели: качество погрузки, безотказность погрузки, репутация предприятия, время погрузки и сохранность груза при погрузке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханова А. А., Григорьева И. О. Оценка качества логистического обслуживания грузового порта с использованием имитационного моделирования // Датчики и системы. – 2009. – № 5. – С. 11–15.
2. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. – СПб.: Питер; Киев: изд. группа ВНУ, 2004. – 847 с.
3. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ 2008611883, Российская Федерация. Компьютерная система оценки качества логистического обслуживания грузового порта на основе имитационного моделирования / Ханова А. А., Григорьева И. О.; правообладатель Астрахан. гос. техн. ун-т. – № 2008610791; дата поступл. 28.02.2008; дата регистр. 16.04.2008.

Статья поступила в редакцию 17.05.2010

**PARAMETRICAL ANALYSIS
OF LOGISTIC SERVICE QUALITY
IN A CARGO PORT**

A. A. Khanova, O. V. Grigoriev, I. O. Bondareva

The imitation model of logistic service quality of a cargo port is described in the paper. Some sets of the factors influencing indexes of quality parameters of logistic service of a cargo port are revealed. The model executions with various combinations of conditions of the chosen factors are carried out. The main effects and interaction effects of each factor for separate parameters are designed.

Key words: imitation modeling, cargo port, parametrical analysis, ontology.