ISSN 2304-120X
КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал

Юданова В. В. Оптимизация бизнес-процессов в сфере обслуживания методами имитационного моделирования // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – № 11 (ноябрь). – 0,4 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2017/174018.htm.

ART 174018 **УДК 338.24:004.942**

Юданова Вера Валерьевна,
старший преподаватель Технического института (филиала) ФГАОУ ВО «Северо-восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова», г. Нерюнгри
udanov_sb@mail.ru

Оптимизация бизнес-процессов в сфере обслуживания методами имитационного моделирования

Аннотация. *В статье разобраны основные вопросы по применению метода имитационного моделирования к исследованию экономических объектов с целью оптимизации их бизнес-процессов. В качестве математической модели сферы предоставления услуг рассмотрена система массового обслуживания, для имитации деятельности которой выбран дискретно-событийный вид имитационного моделирования. Практическое применение метода показано на примере разработки модели работы станции технического обслуживания средствами программы Anylogic и проведения оптимизационных экспериментов.*
Ключевые слова: *имитационное моделирование, бизнес-процессы, сфера услуг, система массового обслуживания, станция технического обслуживания.*
Раздел: *(04) экономика.*

Требования современной экономики таковы, что бизнес-процессы в работе предприятия играют ключевую роль и в сфере обслуживания реализуют стратегию предоставления услуг конкретным потребителям [1]. Для оптимизации бизнес-процессов проводят их моделирование, которое заключается в имитации деятельности реально существующего экономического объекта. Имитационная модель – это такой вид модели, который реализуется с использованием инструментария математических методов, специального программного обеспечения и средств программирования [2]. Полученная таким образом симуляция представляет собой самостоятельный программно-вычислительный комплекс, который позволяет оценить эффективность имеющихся бизнес-процессов и проанализировать возможности их оптимизации, связанные с устранением проблемных мест или с инжинирингом новых процессов.

Разработка имитационной модели сложного экономического объекта предполагает последовательное выполнение определенных видов работ (рис. 1).

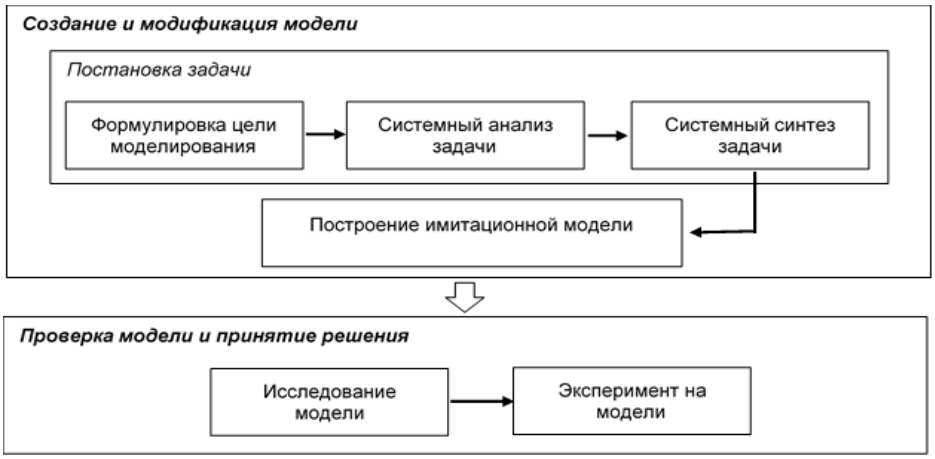

Рис. 1. Основные этапы разработки имитационной модели

На начальном этапе важным моментом является определение бизнес-цели, достижение которой планируется в результате выполнения моделируемого процесса. Для определения целей часто обращаются к бизнес-стратегии, т. е. к комплексному плану управления компанией [3].

На следующем шаге постановки задачи, после формулировки цели моделирования, выполняется системный анализ и синтез исследуемой предметной области, что означает решение двух противоположных задач. На этапе качественного и количественного анализа информации об управляемом объекте выявляются определяющие элементы и их свойства, логические взаимосвязи между ними, и, таким образом, экономический объект представляется в виде системы. Назначение системного синтеза задачи состоит в построении из набора полученных элементов, свойств и соотношений математической модели объекта, а также методов (алгоритмов) получения решения задачи. На практике обычно выполнение системного анализа уже ориентировано на применение определенной области математических знаний, чтобы получить в итоге именно те характеристики моделируемого объекта, которые потребуются на этапе системного синтеза.

В качестве математической модели сферы предоставления услуг может использоваться система массового обслуживания (далее – СМО), в теории которой изучаются вопросы массовой обработки каких-либо процессов при возможном влиянии различных случайных факторов. Основным инструментарием для работы с СМО являются: входной поток заявок, очередь, устройства обслуживания, выходной поток заявок (рис. 2). Объекты, поступающие в систему извне, называются заявками или требованиями.

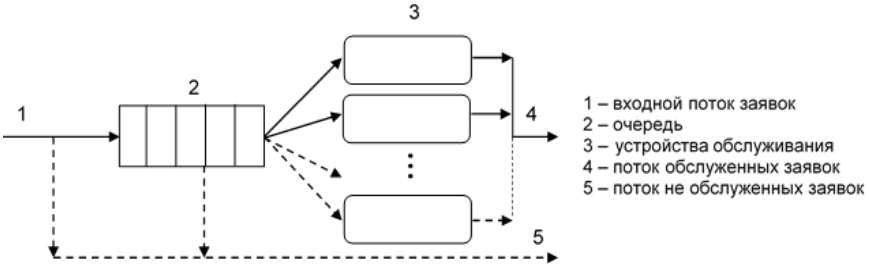

Рис. 2. Структура системы массового обслуживания

Для элементов, характеризующих исследуемую сферу деятельности, как СМО необходимо определить основные характеристики их функционирования: интенсивность и закон поступления требований в систему, порядок постановки в очередь и выбора из нее, правила взаимодействия в обслуживающих узлах и правила формирования выходного потока из обслуженных и/или необслуженных заявок [4]. Таким образом, функционирование бизнес-процесса удобно интерпретировать теорией систем массового обслуживания в виде процедур обработки требований, поступивших в систему или возникших в системе.

Построение модели выполняется с использованием следующих подходов имитационного моделирования: дискретно-событийного, системно-динамического или агентного. Для дискретно-событийного вида характерно представление функционирования моделируемой системы в виде событий, происходящих в отдельные моменты времени. Модель системной динамики предполагает использование высокого уровня абстракции, оперируя агрегированными величинами для описания поведения исследуемого объекта. Особенностью агентного подхода является построение модели снизу вверх: выбирается основной объект для моделирования – агент – и исследуется

поведение сотен или тысяч агентов, их взаимодействие друг с другом и окружающей средой [5].

Для каждого вида модели характерен круг практических задач, где ее применение наиболее эффективно (табл. 1). Модели бизнес-процессов в системе обслуживания реализуются в виде отдельных событий, которые распределены по шкале времени или связаны с расписанием, что обусловливает выбор дискретно-событийного подхода для моделирования.

Таблица 1

Подходы имитационного моделирования и некоторые виды практических задач

Уровень	***П/у***	***Виды задач***	
Высокий (СД, А)	3	Рынок и конкуренция	Динамика населения
	2	Динамика персонала	Экосистемы
	1	Управление проектами	Экономика здравоохранения
Средний (ДС, А)	3	Переработка отходов	Транспорт: макромодели
	2	Перевозки	Управление активами
	1	Сервисные центры	Энергетические сети
Низкий (ДС, А)	3	Производство	Склад и логистика
	2	Движение пешеходов	Транспорт: микромодели
	1	Системы управления	Компьютерные системы

Для разработки дискретно-событийной модели можно использовать десятки различных программных инструментов, из которых наиболее популярными являются: Arena™, Anylogic, Extend™, SimProcess™ и др. Многофункциональную платформу для имитационного моделирования предоставляет пакет Anylogic. Дискретно-событийный подход поддерживается в программе инструментарием библиотеки моделирования процессов, использованием средств 2D- и 3D-графики, встроенной системой сбора статистики с графическим представлением результатов в виде различных диаграмм, возможностями расширения имеющегося функционала средствами программирования на языке Java.

На этапе проверки модели и принятия решения основными действиями при ее исследовании является выполнение работ, связанных с настройкой полученного программного комплекса (трансляция и редактирование связей – сборка модели, интерпретация и компиляция модели) и с оценкой его адекватности. Модель не может быть на 100% адекватна реальной системе, поэтому всегда существует определенная степень неточности в полученном решении. Точность реализации разработанной программной системы обычно корректируется процессами верификации и валидации. Валидация показывает, что «вы создали правильный продукт»: уровень адекватности модели определяется соотношением результатов выходных данных с параметрами изучаемой системы. Верификация подтверждает, что «вы создали продукт так, как и намеревались это сделать»: адекватность имитационной модели оценивается степенью соответствия конечного продукта тем критериям, которые были приняты разработчиком.

Проведение эксперимента может выполняться для решения прямой или обратной задачи моделирования. Прямая задача заключается в том, чтобы при заданных входных переменных (x_i, i = 1..n) определить значения выходных (y_i, i = 1...n). Решение обратной задачи позволяет определить значения входных переменных (x_i, i = 1...n), чтобы достичь желаемых значений выходных (y_i, i = 1...n).

Компьютерный эксперимент для решения двух противоположных задач имитационного моделирования можно выполнить с помощью простых «прогонов» модели на различных реальных значениях ее существенных параметров с наблюдением за

ее поведением и регистрацией интересующих характеристик. Другим способом определения сочетания переменных является использование инструментов оптимизации. Оптимизационный эксперимент позволяет с вычислительной точки зрения получить более точный результат, так как реализует выполнение множества альтернативных вариантов в процессе поиска наилучшего (экстремального) решения (максимального или минимального – в зависимости от смысла критерия оптимальности).

Необходимо отметить цикличность процесса имитационного моделирования – последовательное выполнение каждого этапа работ не исключает возможности возврата к предыдущим шагам, если потребовалось внести новые изменения или дополнения в ходе разработки симуляции.

Рассмотрим станцию технического обслуживания ООО «Диагностика», которая предоставляет в Нерюнгринском районе на рынке услуг сервисное обслуживание легкового и грузового автотранспорта уже более 15 лет. Дальнейшая стратегия развития фирмы во многом определяется введением в эксплуатацию незадействованных ранее ресурсов (боксов и оборудования). Использование дополнительной площади и предоставление новых видов услуг окажет влияние на прибыль фирмы, уровень которой и требуется оценить с помощью методов имитационного моделирования.

Для автосервиса ООО «Диагностика» на этапе системного анализа предметной области были определены: исходные данные – это файлы учетной и отчетной документации фирмы – учет регистрации прибывших автомобилей на станцию технического обслуживания (далее – СТО), бухгалтерские отчеты по расходам фирмы, тарифы, установленные по проверке технического состояния транспорта и видам ремонтных работ; ресурсы, задействованные в рабочем процессе: основные отделы фирмы и их функции, штатное расписание сотрудников и график их работы, боксы и оборудование, используемое для сервисного обслуживания автотранспорта; процесс обслуживания потребителей услуг – от момента прибытия на СТО для проведения диагностического контроля и/или ремонтных работ до момента отбытия из автосервиса; распределение времени – на обслуживание мастерами автотранспорта по различным видам работ, на возможные задержки и простои клиентов в очереди, на оформление документов и проведение оплат и т. д.

Работа системы автосервиса ООО «Диагностика» представляет собой многоканальную модель СМО с отказами и ожиданием, которая имеет несколько обслуживающих устройств или каналов. Каналами обслуживания являются шесть боксов, где проводится осмотр и ремонт автотранспортных средств. Проверка транспортного средства проходит в отдельном боксе – боксе инструментального контроля. Во втором боксе выполняют ремонт карбюратора и двигателя внутреннего сгорания, в третьем – регулировку развала схождения колес, в пятом – ремонт ходовой части. Первый и четвертый боксы нерабочие, их планируют ввести в эксплуатацию.

В каждом боксе выполняется определенное количество видов работ, информация о которых была структурирована по ценовым категориям (см. табл. 2).

Для каждого вида работ выполнена обработка информации по времени обслуживания и подобран закон распределения, которому оно подчиняется. Время задержки автомобилей в боксе инструментального контроля соответствует равномерному распределению, так как принимает значение в интервале от минимального до максимального времени обслуживания с одинаковой вероятностью. Время задержки в боксах, занимающихся ремонтными работами, подчиняется треугольному распределению, которое используется в качестве функциональной формы представления областей с размытой логикой и позволяет получить набор значений при известном минимальном, максимальном и наиболее употребляемым значением.

Таблица 2

Распределение видов работ, выполняемых в каждом боксе, по их стоимости

	1-й бокс	2-й бокс	3-й бокс	4-й бокс	5-й бокс
Виды работ по ценовым категориям	100–450 р.	300–400 р.	400–500 р.	200–400 р.	300–650 р.
	600–900 р.	600 р.	600–800 р.	600–800 р.	700–900 р.
	1000–1600 р.	1500 р.	1000–1300 р.	1500–2500 р.	1000–1300 р.
	2000–2500 р.		1400–1600 р.	4500–5000 р.	1500–2000 р.
	3000–4000р		2000–2200 р.		2500–3000 р.
					3300–3500 р.
					4000–4500 р.
					5000–5500 р.
					6000–7000 р.
					8000–8500 р.
					9000–10000 р.
					12500 р.

При разработке дискретно-событийной модели функционирования СТО ООО «Диагностика» в системе Anylogic было выполнено несколько видов работ. Подготовлена база исходных данных модели, в которую из нескольких внешних таблиц MSExcel импортируется информация о тарифах на выполняемые виды работ, о расходах фирмы и данные по учету прибывающих автомобилей на СТО. Для определения интенсивности прибытия автотранспорта, вероятностных характеристик распределения автомобилей в боксы и по видам ремонтных работ в соответствующие таблицы были добавлены вычисляемые поля. Получение информации из базы данных выполняется с помощью элементов-параметров модели (см. рис. 3, 4).

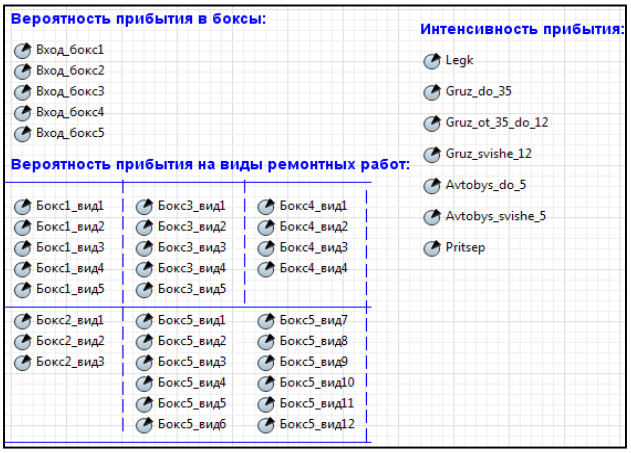

Рис. 3. Параметры для получения информации из базы данных о вероятностных характеристиках прибытия и распределения автотранспорта в боксы

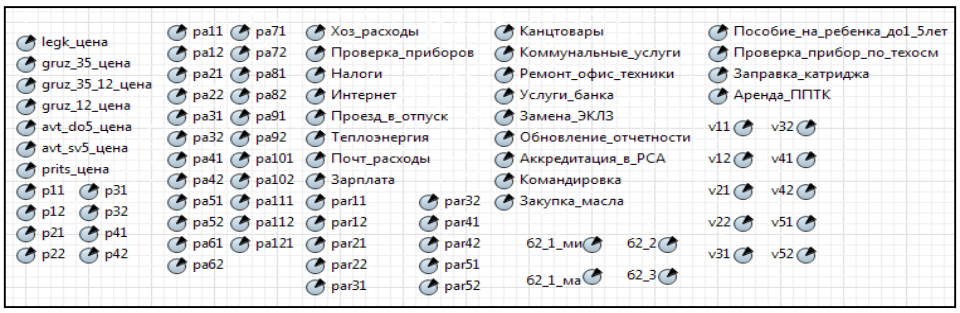

Рис. 4. Параметры для получения информации из базы данных о тарифах на виды работ и расходах

ISSN 2304-120X
Концепт
научно-методический электронный журнал

Юданова В. В. Оптимизация бизнес-процессов в сфере обслуживания методами имитационного моделирования // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – № 11 (ноябрь). – 0,4 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2017/174018.htm.

Для моделирования поведения СМО в течение одного года разработана диаграмма процесса, которая имеет структуру элементов, подобную инструментарию теории массового обслуживания (рис. 5).

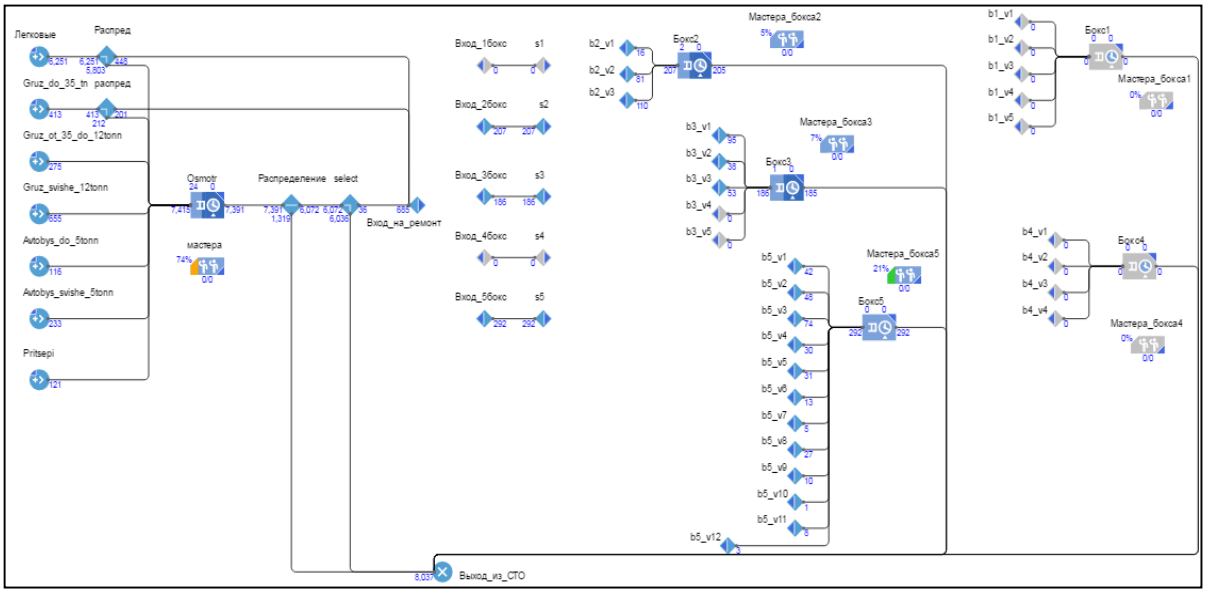

Рис. 5. Диаграмма процесса

Использованы следующие основные блоки библиотеки моделирования процессов: Source – генерирует требования (автомобили) поступающие в систему, Select Output, Select OutputIn и Select Output Out – в зависимости от заданного условия распределяет автомобили в боксы и на виды ремонтных работ, Resource Pool –определяет совокупность ресурсов (мастеров), Service – блок, который обеспечивает захват заданного количества ресурсов (мастеров), задержку поступивших заявок (автомобилей), а затем освобождение захваченных ресурсов, Sink – конечный блок диаграммы, который служит для уничтожения заявок на автомобили, покинувшие СТО.

С целью сбора статистики о работе отдельных блоков диаграммы в модель добавлены переменные о полученных доходах от выполнения работ в каждом боксе и общей прибыли с учетом расходов фирмы – добавлены динамические переменные (рис. 6).

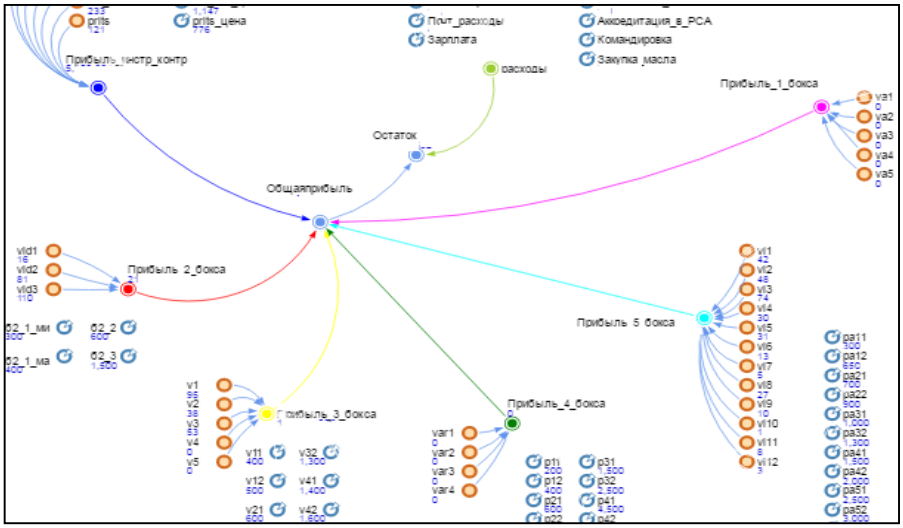

Рис. 6. Фрагмент сбора статистики при выполнении модели

Накопление значений переменных происходит в процессе движения заявок в процессной диаграмме, изменение динамических переменных происходит по расчетным формулам, взаимозависимость которых графически задана с помощью элемента «связь» (рис. 6).

Тестирование работы модели выполнено методом «прогонки» на данных за 2013, 2014, 2015, 2016 гг. и сравнением полученных модельных результатов с отчетными материалами фирмы (рис. 7).

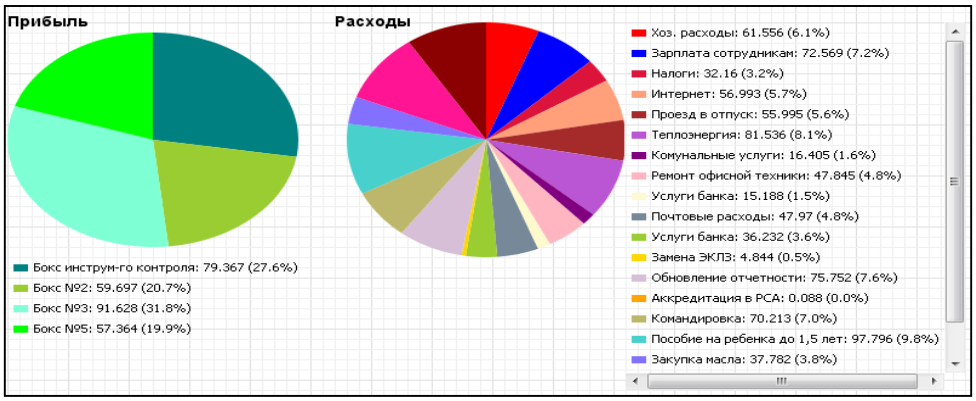

Рис. 7. Фрагмент презентации сбора статистики при выполнении модели

Для выполнения эксперимента с имитационной моделью в программе Anylogic использованы возможности оптимизации и варьирования параметров.

Оптимизационный эксперимент позволяет определить значения интересующих характеристик модели, при которых достигается наилучший результат работы модели. Было разработано пять оптимизационных экспериментов для определения основных характеристик работы первого и четвертого боксов, при которых достигается наибольшее значение прибыли фирмы (см. рис. 8). Выполнение 1, 2 и 3-го оптимизационных экспериментов настроено на вычисление интенсивности прибытия автотранспорта в боксы соответственно при условии ввода в эксплуатацию только 1-го бокса, только 4-го бокса и 1-го и 4-го боксов одновременно (табл. 3). Но полученное оптимальное значение прибыли фирмы показало прирост только в результате 2-го и 3-го экспериментов (на 6,4%). 4-й и 5-й эксперименты предназначены для поиска оптимального распределения автотранспорта по видам работ в 1-м и 4-м боксах соответственно (табл. 3). Наилучшее значение прибыли получено только в результате выполнения 5-го эксперимента (прирост на 12,5%).

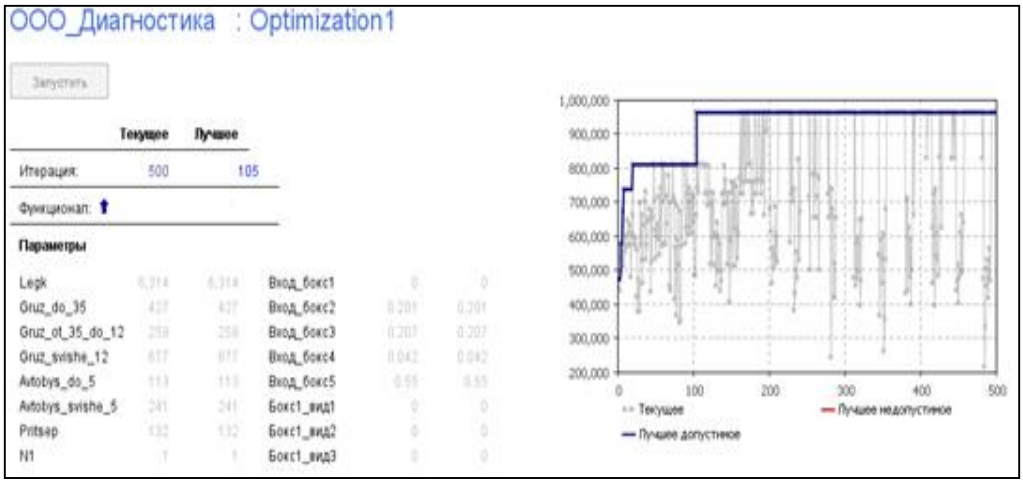

Рис. 8. Фрагмент выполнения 1-го оптимизационного эксперимента

Таблица 3

Оптимальные значения параметров, полученные в результате выполнения оптимизационных экспериментов

1-й эксперимент (введен 1-й бокс)		***2-й эксперимент (введен 4-й бокс)***		***3-й эксперимент (введены 1-й и 4-й боксы)***	
Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение
Вход_бокс1	0.001	Вход_бокс1	0	Вход_бокс1	0
Вход_бокс2	0.203	Вход_бокс2	0.201	Вход_бокс2	0.20
Вход_бокс3	0.217	Вход_бокс3	0.207	Вход_бокс3	0.247
Вход_бокс4	0	Вход_бокс4	0.042	Вход_бокс4	0.113
Вход_бокс5	0.579	Вход_бокс5	0.55	Вход_бокс5	0.44

4-й эксперимент (введен 1-й бокс)		***5-й эксперимент (введен 4-й бокс)***	
Параметр	Значение	Параметр	Значение
Бокс1_вид1	0	Бокс4_вид1	0
Бокс1_вид2	0.047	Бокс4_вид2	0.132
Бокс1_вид3	0	Бокс4_вид3	0
Бокс1_вид4	0.449	Бокс4_вид4	0.868
Бокс1_вид5	0.504		

Эксперимент варьирования параметров позволяет сравнить поведение модели при разных значениях параметров и оценить степень влияния отдельных параметров на поведение модели. Данный эксперимент был настроен для оценки зависимости формирования общей прибыли предприятия от показателей работы каждого бокса в отдельности, включая 1-й и 4-й боксы (рис. 9).

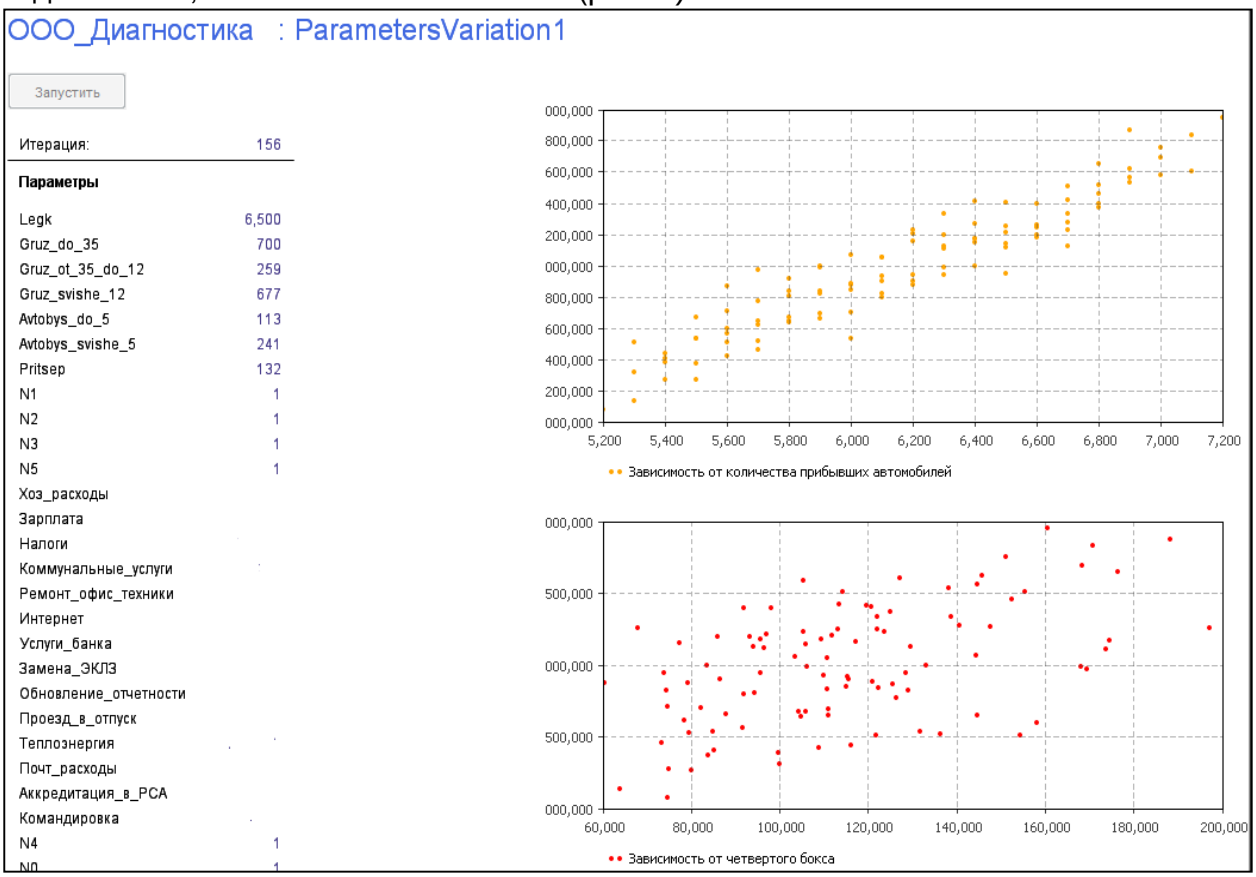

Рис. 9. Фрагмент выполнения эксперимента варьирования параметров

В результате варьирования параметров получено, что степень влияния на прибыль фирмы 1-го бокса практически равна нулю, 4-го бокса составляет 6,6% (рис. 10).

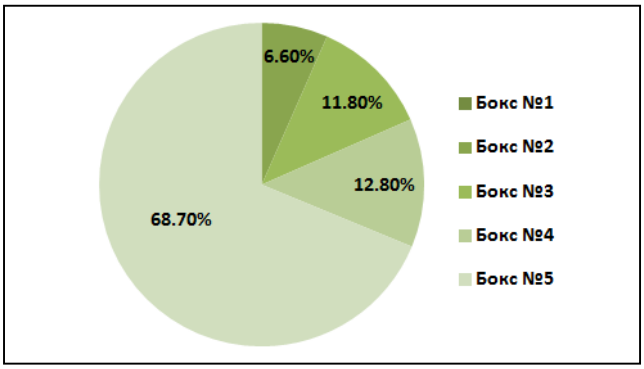

Рис. 10. Круговая диаграмма влияния выполнения работ в боксах на общую прибыль

По результатам проведенных экспериментов можно сделать вывод о возможности ввода в эксплуатацию 4-го бокса, но его вклад в доходы автосервиса будет наименьшим. Использование возможностей 1-го бокса не является рентабельным, так как издержки на его содержание не покрываются выручкой от тех видов работ, которые здесь планируется выполнять.

При использовании методов имитационного моделирования необходимо понимать, что результаты работы модели – это не решение проблемы, а один из механизмов получения той ценной информации, которая необходима для принятия важных управленческих решений.

Ссылки на источники

1. Тельнов Ю. Ф. Интеллектуальные информационные системы в экономике. – М.: Синтег, 1999. – 216 с.
2. Кораблев Ю. А. Имитационное моделирование. – М.: КНОРУС, 2017. – 146 с. – (Бакалавриат).
3. Горбунов А. Р., Лычкина Н. Н. Парадигмы имитационного моделирования: новое в решении задач стратегического управления (объединенная логика имитационного моделирования) // Бизнес-информатика. – 2007. – № 2(2). – С. 60–66.
4. Ивченко Г. И. Теория массового обслуживания. – М.: Высш. шк., 1982. – 310 с.
5. Сидоренко В. М., Красносельский А. В. Имитационное моделирование в науке и бизнесе: подходы, инструменты, применение // Бизнес-информатика. – 2009. – № 2(08). – С. 52–57.

Vera Judanova,
Senior Lecturer, Technical Institute(branch) of North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Neryungri
udanov_sb@mail.ru

Optimization of business processes in services industry by methods of imitating modeling

Abstract. The article deals with the main questions of imitating modeling method application to economic objects researching for the purpose of their business processes optimization. As a mathematical model of services rendering sphere, the author considers the system of mass service, discrete and event type of imitating modeling is chosen for imitation of its activity. Practical application of the method is shown on the example of service station work model development by means of Anylogic program and carrying out optimizing experiments.

Key words: imitating modeling, business processes, services sector, system of mass service, service station.

References

1. Tel'nov, Ju. F. (1999). *Intellektual'nye informacionnye sistemy v jekonomike*, Sinteg, Moscow, 216 p. (in Russian).
2. Korablev, Ju. A. (2017). *Imitacionnoe modelirovanie*, KNORUS, Moscow, 146 p. (Bakalavriat) (in Russian).

3. Gorbunov, A. R. & Lychkina, N. N. (2007). “Paradigmy imitacionnogo modelirovanija: novoe v reshenii zadach strategicheskogo upravlenija (ob#edinennaja logika imitacionnogo modelirovanija)”, *Biznes-informatika*, № 2(2), pp. 60–66 (in Russian).
4. Ivchenko, G. I. (1982). *Teorija massovogo obsluzhivanija*, Vyssh. shk., Moscow, 310 p. (in Russian).
5. Sidorenko, V. M. & Krasnosel'skij, A. V. (2009). “Imitacionnoe modelirovanie v nauke i biznese: podhody, instrumenty, primenenie”, *Biznes-informatika*, № 2(08), pp. 52–57 (in Russian).

Рекомендовано к публикации:
Утёмовым В. В., кандидатом педагогических наук;
Горевым П. М., кандидатом педагогических наук,
главным редактором журнала «Концепт»

ISSN 2304-120X
www.e-koncept.ru

Поступила в редакцию *Received*	29.09.17	Получена положительная рецензия *Received a positive review*	13.10.17
Принята к публикации *Accepted for publication*	13.10.17	Опубликована *Published*	29.11.17

© Концепт, научно-методический электронный журнал, 2017
© Юданова В. В., 2017