

9. Privalov A.Yu., Tsarev A.A. Hybrid Model of Human Mobility for DTN Network Simulation. *Proceedings of 30th European Conference on Modelling and Simulation (ECMS2016)*, OTH, Regensburg, Germany, 2016, pp. 419–424.
10. Kotz D. *CRAWDAD: A community resource for archiving wireless data at Dartmouth*. Dartmouth College, Hanover, NH, 2018. Available at: <http://www.crawdad.org/index.html> (accessed 15.05.2018).

Received 22.05.2018

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.518: 339.13

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА «СТРОИТЕЛЬСТВО БЫСТРОВЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ». ЧАСТЬ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Димов Э.М., Кулева Н.С., Ганенко О.М.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара, РФ

E-mail: e.m.dimov@gmail.com

В первой части статьи рассматривается задача имитационного моделирования бизнес-процесса «Строительство быстровозводимых зданий». Кратко описана исследуемая предметная область. Актуальность модульного строительства заключается в том, что оно связано с использованием эффективных и экономичных инженерных методов, которые обеспечивают соответствие конечного продукта рыночным требованиям. Кроме того, в рамках статьи выявлены проблемы, обуславливающие необходимость изучения данного бизнес-процесса средствами моделирования. Для модульного строительства имеет особое значение последовательность операций процесса на стадии планирования, а также контроль их выполнения. В работе приводится вербальная модель и фрагмент детализированной схемы бизнес-процесса. Схема представляет собой статическую модель и отображает все операции бизнес-процесса и отделы, которые их выполняют. Для достижения целей моделирования предлагается использовать метод Димова-Маслова в рамках статистического имитационного моделирования.

Ключевые слова: строительство быстровозводимых зданий, бизнес-процесс, моделирование бизнес-процессов, статистическое имитационное моделирование, метод Димова-Маслова

Введение

В настоящее время наблюдается значительный рост промышленности сборных конструкций за счет производства модульных сооружений. Строительство быстровозводимых (модульных) зданий связано с применением эффективных и экономичных инженерных методов, которые обеспечивают соответствие конечного продукта требованиям рынка, а именно способствуют увеличению скорости реализации проекта (на 50-60% в сравнении с традиционным строительством [1]), улучшению качества производственных операций и скорой окупаемости вложенных инвестиций.

Кроме того, актуальность модульных зданий объясняется заинтересованностью потребителей в быстром и доступном возведении сооружений различного назначения (в том числе жилого), а также существенной экономией масштабов производства, что важно для производителя и исполнителя проекта.

Модули быстровозводимых зданий изготавливаются в условиях многоступенчатого контроля качества, а затем доставляются на место строительства и собираются с минимальными трудозатратами. Решение о применении технологий быстрого и вместе с тем высококачественного строительства часто обусловлено необходимостью соблюдения определенных временных ограничений. Однако процесс строительства по-прежнему характеризуется значительной сложностью из-за высокой степени организационной фрагментарности и негативного влияния ряда случайных факторов на всех этапах производства.

Вследствие этого возникают повышенные требования к планированию и качеству промежуточных результатов фаз процесса от закупки и изготовления материалов до ввода готового здания в эксплуатацию. Следует отметить, что важным звеном цепочки данного бизнес-процесса является проектирование: исправление ошибок и неточностей, допущенных при проектировании, в дальней-

шем окажется дорогостоящим мероприятием и повредит эффективности проекта в целом.

Для модульного строительства важно правильно определить последовательность операций процесса на стадии планирования и обеспечить контроль их выполнения. В отличие от типового строительного производства возведение модульных зданий характеризуется повторяющимися процессами, для которых требуется тщательный комплексный анализ. Кроме того, необходимо учитывать разного рода информацию для оценки дизайна, итоговой стоимости, ресурсов, графика работ, качества и безопасности, что сопряжено с некоторыми трудностями и усложняет строительство. Поэтому очевидна целесообразность детального анализа сложного бизнес-процесса с целью выявления возможных конфликтов и ошибок и способов их устранения. Немаловажно в этом контексте применение современных методов и средств, позволяющих производить анализ максимально удобно и результативно.

Имитационное моделирование бизнес-процесса

В качестве такого инструмента предлагается использовать компьютерное моделирование – оно позволяет представить реальный объект (систему или процесс) масштабированной моделью и облегчает его исследование, разработку и оценку различных сценариев поведения для выбора оптимального варианта за счет создания абстрактной безрисковой среды. Цель моделирования – получение информации о поведении бизнес-процесса в зависимости от набора влияющих факторов, позволяющих руководителям принимать решения об оптимизации процесса. Такого рода моделирование в компании чаще всего связано с формированием и использованием управленческого учета, основным инструментом которого традиционно являются электронные таблицы (ЭТ).

Однако ЭТ пригодны только для решения достаточно простых линейных задач, которые в реальной жизни встречаются нечасто. Нерешаемой средствами ЭТ становится задача, в которой присутствует нелинейное поведение, причинно-следственные связи, неопределенность и большое число параметров. Для решения подобных задач можно обратиться к методам имитационного моделирования (ИМ) – агентному, системной динамике, дискретно-событийному (процессному).

Имитационная модель разрабатывается на основе статической графической модели бизнес-процесса (БП). Модель БП – это набор связанных между собой графических объектов определенной нотации, воспроизводящих действия и создающих представления о существующем или предпола-

гаемом БП. Каждый элемент коллекции объектов имеет набор свойств, позволяющих определить тип задачи, входы, выходы, ресурсы, взаимосвязь ответственных за исполнение, управление рисками, требованиями, IT-архитектурой, целями, показателями и т.д. [2].

Статическая модель БП отражает логику процесса, позволяет выявить бизнес-правила, ресурсы и сформировать контекст задач и процесса в целом. Другими словами, назначение статической модели – регламентация и описание деятельности. Для симуляции процесса используется динамическая (имитационная) модель, в которой вводится параметр времени. Динамическая модель помогает проследить изменение поведения статической модели в зависимости от сценариев (настройки контекста). Таким образом, имитация БП означает его абстрактную автоматизацию, позволяет получать экземпляры процесса и собирать данные в форме статистических отчетов для последующего анализа.

Имитация бизнес-процессов служит наглядным и интерактивным инструментом оценки эффекта внедрения тех или иных изменений и исключает риски, неизбежные при тестировании сценариев сразу на реальном процессе.

Далее представлен пример реализации модели бизнес-процесса в следующей графической нотации: операции и выполняющие их подразделения показаны прямоугольниками; события – прямоугольниками с закругленными углами; стрелками, входящими в операции, обозначены обрабатываемые объекты, исходящими из них – произведенный объект; овалы представляют собой используемые постоянные ресурсы; стрелки, выходящие из нижней стороны прямоугольников, визуализируют рабочие потоки, причем утолщенным стрелкам соответствуют потоки управления [3].

Вербальная модель и схема бизнес-процесса

На рисунке 1 изображена статическая модель бизнес-процесса «Строительство быстровозводимых зданий». Начало бизнес-процесса определяется поступлением заявки – заказа на строительство быстровозводимого сооружения. Клиент обращается к менеджеру и сообщает ему требования к работе, описывает задачу. Инженерно-геодезический отдел исследует предполагаемое место строительства – фиксирует геодезические данные, климатические условия, свойства грунта и т.д., что позволяет определить пригодность местности для постройки, рассчитать технические характеристики будущего фундамента и каркаса здания, влияющие на совокупную стоимость.

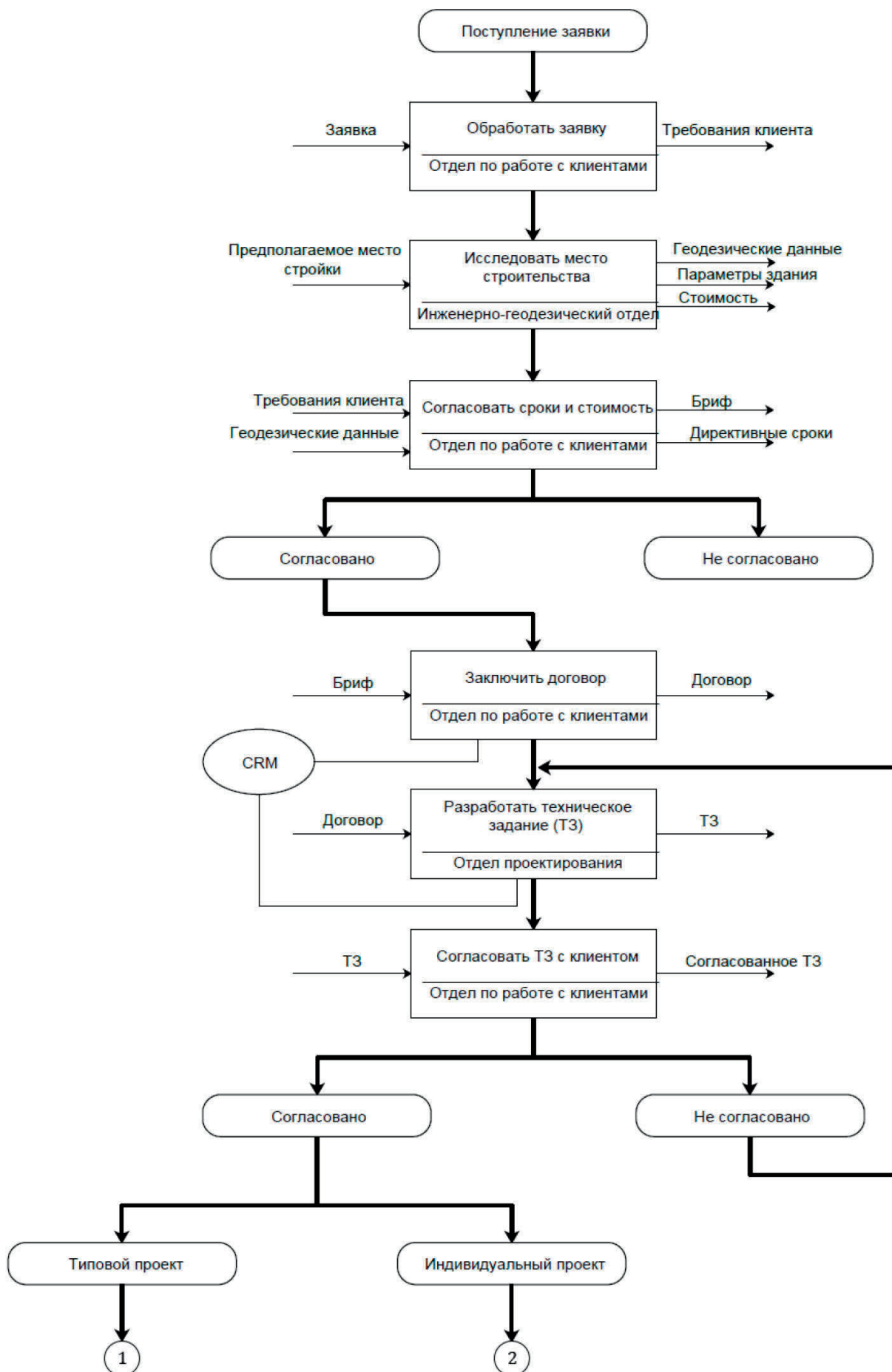


Рисунок 1. Фрагмент схемы бизнес-процесса «Строительство быстровозводимых зданий»

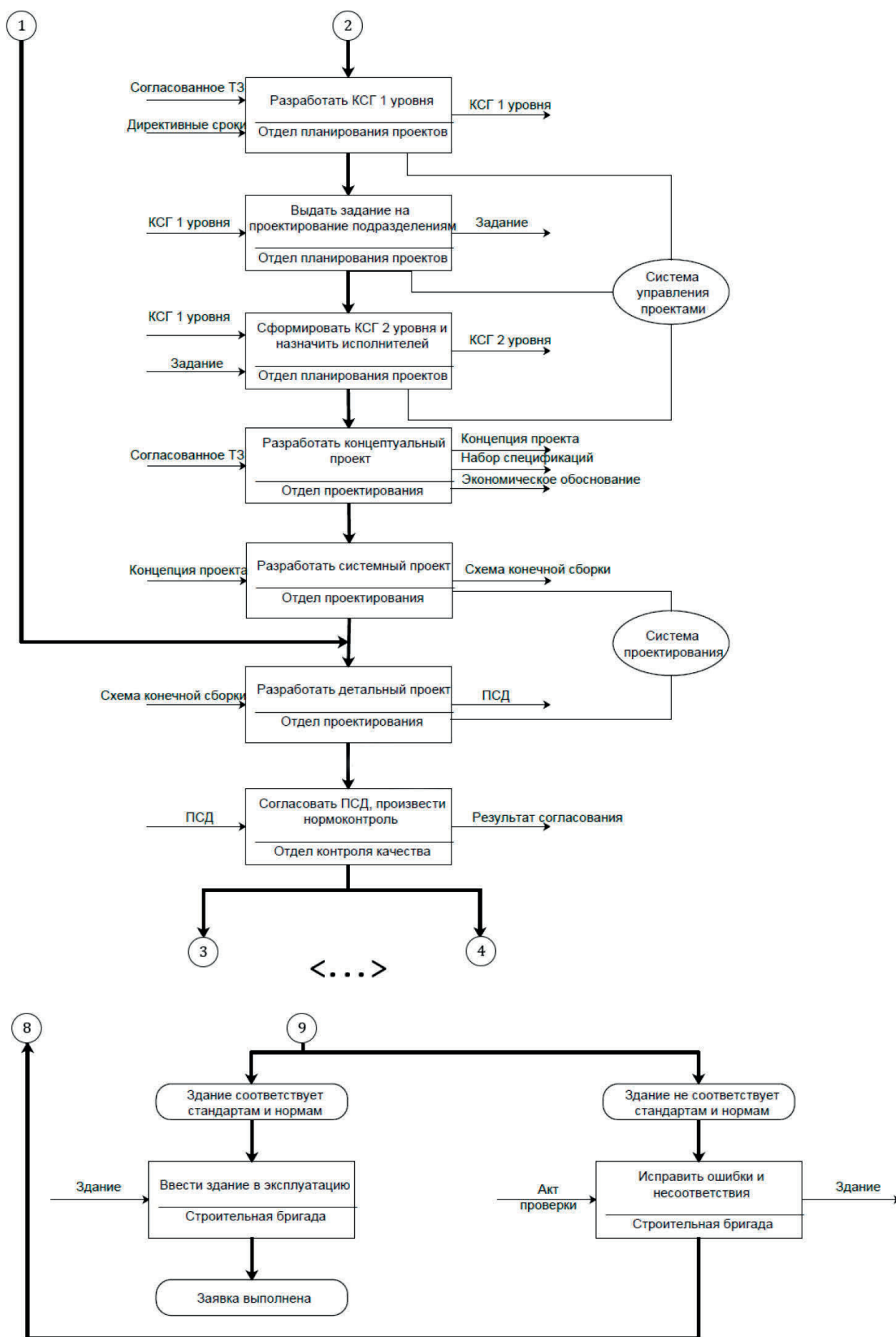


Рисунок 1 (окончание)

Менеджер рассчитывает стоимость услуги и согласовывает стоимость и сроки исполнения с клиентом. В случае отказа клиента выполнение бизнес-процесса прекращается и заявка считается потерянной. Если заказчик согласен, заключается договор, на основании которого отдел проектирования разрабатывает и утверждает техническое задание (ТЗ). Если заказчик отклоняет данное ТЗ, оно отправляется на доработку. В процессе используется CRM-система, в которую заносятся необходимые регистрационные сведения о клиенте и его заказе. Затем подотдел планирования проектов формирует календарно-сетевой график (КСГ) 1-го уровня, основываясь на директивных сроках и прочих данных, предоставленных заказчиком. На основании КСГ 1-го уровня разрабатываются задания функциональным подразделениям и составляется КСГ 2-го уровня с более конкретными сроками исполнения. На следующем этапе начинается фаза проектирования.

Проектирование состоит из последовательности стадий, каждая из которых дополняет и детализирует результаты предыдущей. Так, на стадии концептуального проектирования осуществляется подготовка концепции проекта, формируется набор спецификаций и производится финансово-экономический анализ проекта, продуктом которого является экономическое обоснование (ЭО). Далее концепция уточняется в терминах системного проектирования и на выходе работы получают результирующую схему сооружения, которая уточняется и детализируется на следующей стадии.

Результатом детального проектирования является вариант проектно-сметной документации (ПСД), который подлежит анализу и нормоконтролю. В случае, если ПСД не отвечает заявленным требованиям и стандартам, необходимо внести правки и сформировать новую ПСД. После согласования отдел проектирования подготавливает комплект ПСД, обеспечивающий выполнение следующих работ бизнес-процесса. В процессе проектирования используется система управления проектами и автоматизированная система проектирования.

Строительной бригаде и заказчику предоставляются схемы монтажа и сетка колонн, необходимых для закладки фундамента. В то же время начинается процесс производства материалов, необходимых для строительства здания. Отдел планирования формирует производственный план и анализирует запасы сырья и комплектующих для производства. Если запасов недостаточно, постав-

щикам направляется заказ на недостающие ресурсы и осуществляется их закупка.

При наличии достаточного количества ресурсов запускается производство материалов, в котором участвует рабочий персонал и используется специализированное оборудование. Полученная продукция проходит проверку качества и соответствия стандартам. Часть продукции может обладать дефектами и, следовательно, быть списанной как продукция ненадлежащего качества. Материал, прошедший проверку, доставляется на место возведения здания.

Прежде чем приступить к монтажу, необходимо проверить комплектность доставленных материалов. Если доставлены все необходимые материалы, рабочая бригада приступает к процессу монтажа, иначе – руководителю проекта сообщается о том, что не все комплектующие и материалы были доставлены. Недостающий материал доставляется.

По завершении монтажа готовое здание подлежит тщательной проверке, результатом которой может быть разрешение на ввод сооружения в эксплуатацию или соответствующий запрет. После необходимых изменений здание вводится в эксплуатацию и заказ считается выполненным.

Задача и метод имитационного моделирования

Итак, имитационная модель представляет собой логико-математическое описание объекта для проведения эксперимента на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта [4]. Цель имитационного моделирования бизнес-процесса состоит в отслеживании его реализации во времени и получении набора характеристик, позволяющих оценить его эффективность. Такими характеристиками обычно являются базовые критерии бизнес-процессов: время выполнения, стоимость, время ожидания подпроцессов. Главной задачей имитационного моделирования является выявление узких мест бизнес-процесса строительства модульных зданий и определение влияния случайных факторов в интересах управления сложным процессом и поиска возможностей его улучшения. Поскольку бизнес-процесс в общем виде можно представить как механизм обслуживания заявок, его модель представляема в терминах дискретно-событийного подхода и частично агентного, если принять, что заявки на выполнение услуги изображаются агентами [5].

Однако, как уже было отмечено, исследуемая система является сложной и стохастической, а значит, для ее полноценного анализа требуются

статистические выкладки и моделирование не может осуществляться в детерминированной среде. Здесь больше подходит моделирование обслуживания заявок в терминах моделей массового обслуживания. Поэтому рационально применение компьютерного метода статистического имитационного моделирования (СИМ). В рамках СИМ используется несколько технологий и подходов, среди которых наиболее известны подход на основе метода Монте-Карло (ММК) и школы Форрестера-Медоуза [6].

В работе предлагается использовать комплексный метод Димова-Маслова (МДМ), объединивший в себе достоинства классических статистических подходов и преодолевший их недостатки. Особенности МДМ – направленность на сложные слабоструктурируемые системы, системный подход в основе и использование разнородных знаний при формировании исходных данных для СИМ. В соответствии с МДМ необходимо выполнить ряд действий, в число которых входит содержательное описание и всестороннее исследование процесса, определение случайных величин и законов их распределения, вывод математической модели, разработка на ее основе имитационной модели, планирование и проведение компьютерного эксперимента с последующей статистической обработкой и интерпретацией результатов [6]. Выходными данными модели будут являться: количество выполненных за период моделирования заявок на строительство, время их выполнения, графики и диаграммы динамики реализации проектов и другие показатели.

Заключение

В первой части статьи описан бизнес-процесс «Строительство быстровозводимых зданий», выявлены проблемы, связанные со строительством и обоснована целесообразность применения метода СИМ для анализа существующего бизнес-процесса и управления им в целях повышения эффективности.

Литература

1. Samarasinghe T., Mendis P., Ngo T., Fernando W. BIM software framework for prefabricated construction: case study demonstrating BIM implementation on a modular house // 6-th International Conference on Structural Engineering and Construction Management. Kandy, Sri Lanka, 2015. – P. 153-162.
2. Дементьев А.В. Имитационное моделирование бизнес-процессов // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=mK4cvgpPjW8> (д.о. 5.11.17).

3. Димов Э.М., Маслов О.Н., Пчеляков С.Н., Скворцов А.Б. Новые информационные технологии: подготовка кадров и обучение персонала. Часть 2. Имитационное моделирование и управление бизнес-процессами в инфокоммуникациях. Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. – 350 с.
4. Бочаров Е.П., Сударев А.В. Имитационное моделирование кредитно-депозитной деятельности коммерческого банка // Практическое применение имитационного и комплексного моделирования и средств автоматизации моделирования, 2010. – С. 85-91.
5. Бабкин Е.А., Копица Е.В. О методологии имитационного моделирования бизнес-процессов на основе агентного и дискретно-событийного подходов // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета, 2016. – № 2 (10) – С. 72-77.
6. Димов Э.М., Маслов О.Н., Трошин Ю.В. Снижение неопределенности выбора управленческих решений с помощью метода статистического имитационного моделирования // Информационные технологии, 2014. – №6. – С. 51-57.
7. Ануфриев Д.П., Димов Э.М., Маслов О.Н., Трошин Ю.В. Статистическое имитационное моделирование и управление бизнес-процессами в социально-экономических системах. Изд-во Астр.ИСМИ: Астрахань, 2015 – 365 с.
8. Димов Э.М. Имитационное моделирование и алгоритмизация управления дискретно-непрерывным производством. Дисс. д.т.н. Ташкент, АН УзССР, 1990. – 306 с.
9. Димов Э.М., Маслов О.Н., Трошин Ю.В., Халимов Р.Р. Динамика разработки имитационной модели бизнес-процесса // Инфокоммуникационные технологии. 2013. – Т. 11. – №1, – С. 63-78.
10. Димов Э.М., Луковкин С.В., Халимов Р.Р. Анализ средств имитационного моделирования бизнес-процессов // Телекоммуникации, 2010. – №8 – С. 43-48.
11. Димов Э.М., Маслов О.Н. Алгоритмизация квазиоптимального управления нерефлекторными системами с применением статистического имитационного моделирования // Инфокоммуникационные технологии. 2017. – Том 15. – №3. – С. 205-217. doi: 10.18469/ikt.2017.15.3.01.

Получено 01.03.2018

Димов Эдуард Михайлович, д.т.н., профессор Кафедры прикладной информатики (ПИ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. +7-906-340-37-41. E-mail: e.m.dimov@gmail.com

Кулева Нина Сергеевна, магистрант Кафедры ПИ ПГУТИ. Тел. +7-919-800-78-22. E-mail: ninelle.kuleva@yandex.ru

Ганенко Ольга Михайловна, инженер Кафедры ПИ ПГУТИ. Тел. 8 (846) 228-00-36. Email: ganenko.om@gmail.com

PROBLEM STATEMENT OF THE BUSINESS PROCESS SIMULATION MODELING «CONSTRUCTION OF PREFABRICATED BUILDINGS»

Dimov E.M., Kuleva N.S., Ganenko O.M.

Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation

E-mail: e.m.dimov@gmail.com

The article considers a problem statement of the business process «Construction of prefabricated buildings» simulation modeling. The subject area is described briefly. The relevance of prefabricated constructing lies in the fact that it is associated with the use of effective and economical engineering methods which ensure the conformity of the final product to market requirements. Moreover, in the article some problems are identified that are causing the need for the business process study by modeling. The verbal model and the detailed scheme of the business process are presented. The scheme displays all the operations of the business process and the departments that perform them. It is proposed to use the Dimov-Maslov method within the confines of statistical simulation modeling. This method combines the virtues of classical statistical approaches and overcomes some of their shortcomings.

Keywords: construction of prefabricated buildings, business process, business processes modeling, statistical simulation modeling, Dimov-Maslov method

DOI: 10.18469/ikt.2018.16.3.08

Dimov Eduard Mikhailovich, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 77, Moskovskoe shosse, Samara 443090, Russian Federation; Professor of the Department of Applied Informatics, Doctor of Technical Science, Professor. Tel. +79063403741. E-mail: e.m.dimov@gmail.com

Kuleva Nina Sergeevna, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 77, Moskovskoe shosse, Samara 443090, Russian Federation; master's student of the Department of Applied Informatics. Tel. +79198007822. E-mail: ninelle.kuleva@yandex.ru

Ganenko Olga Mikhailovna, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 77, Moskovskoe shosse, Samara 443090, Russian Federation; Engineer of the Department of Applied Informatics. Tel. +78462280036. E-mail: ganenko.om@gmail.com

References

1. Samarasinghe T., Mendis P., Ngo T., Fernando W. BIM software framework for prefabricated construction: case study demonstrating BIM implementation on a modular house. *6th International Conference on Structural Engineering and Construction Management*, Kandy, Sri Lanka, 2015, pp. 153-162.
2. Dementev A.V. *Imitatsionnoe modelirovanie biznes-processov*. Available at: URL: <https://www.youtube.com/watch?v=mK4cvgpPjW8> (accessed 5.11.17).
3. Dimov E.M., Maslov O.N., Pcheljakov S.N., Skvortsov A.B. *Novye informatsionnye tehnologii: podgotovka kadrov i obuchenie personala. Ch. 2. Imitatsionnoe modelirovanie i upravlenie biznes-processami v infokommunikacijah* [New information technologies: personnel training. P.2. Simulation modelling and management of business processes in infocommunications]. Samara, SNC RAN Publ., 2008, 350 p.
4. Bocharov E.P., Sudarev A.V. *Imitatsionnoe modelirovanie kreditno-depozitnoj dejatel'nosti kommercheskogo banka* [Simulation modeling of loan and deposit activity of a commercial bank]. *Prakticheskoe primenenie imitacionnogo i kompleksnogo modelirovaniya i sredstv avtomatizacii modelirovaniya*, 2010, pp. 85-91.

5. Babkin E.A., Kopica E.V. O metodologii imitacionnogo modelirovaniya biznes-processov na osnove agentnogo i diskretno-sobytiynogo podhodov [About the methodology of business processes simulation modeling based on agent-based and discrete event approaches]. *Auditorium. Elektronnyy nauchnyy zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, no. 2, pp. 72-77.
6. Dimov E.M., Maslov O.N., Troshin Y.V. Snizhenie neopredelennosti vybora upravlencheskih peshenij s pomoshh'yu metoda statisticheskogo imitacionnogo modelirovaniya [Reducing Uncertainty in a Choice of Management Decisions Using Statistical Simulation]. *Informacionnye tehnologii*, 2014, no. 6, pp. 51-57.
7. Anufriev D.P., Dimov E.M., Maslov O.N., Troshin Y.V. Statisticheskoe imitacionnoe modelirovanie i upravlenie biznes-processami v social'no-ekonomicheskikh sistemah [Statistical simulation modeling and management of business processes in socio-economic systems]. Astrahan, AstrISMI Publ. 2015. 365 p.
8. Dimov E.M. *Imitacionnoe modelirovanie i algoritmizatsiya upravleniya diskretno-nepreryvnym proizvodstvom* [Simulation and algorithmization of control of discrete-continuous production]. Diss ... doct. techn. science, Tashkent, 1990. 306 p.
9. Dimov E.M., Maslov O.N., Troshin Y.V., Halimov R.R. Dinamika razrabotki imitacionnoj modeli biznes-processa [Dynamics of development of a business process simulation model]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2013, vol. 11, no. 1, pp. 63-78.
10. Dimov E.M., Lukovkin S.V., Halimov R.R. Analiz sredstv imitacionnogo modelirovaniya biznes-processov [Analysis of business process simulation tools]. *Telekommunikacii*, 2010, no. 8, pp. 43-48.
11. Dimov E.M., Maslov O.N. Algoritmizatsiya kvazioptimalnogo upravleniya nereflektornymi sistemami s primeneniem statisticheskogo imitacionnogo modelirovaniya [Algorithmization of quasi-optimal control for non-reflective systems using statistical simulation]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2017, vol. 15, no. 3, pp. 205-217. doi: 10.18469/ikt.2017.15.3.01.

Received 01.03.2018

УДК 338.001.36

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО МЕТОДА ПРИ ОЦЕНКЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ КОМПАНИЙ

Диязитдинова А.Р., Сапрыкина А.А.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара, РФ
E-mail: dijazitdinova@mail.ru

В статье предлагается модель нечеткой системы для оценки финансовой устойчивости инфокоммуникационных компаний. Применение положений нечеткой логики для оценки финансового состояния компаний способствует уменьшению неопределенности при принятии решений. Нечеткие системы позволяют работать как с количественными, так и качественными характеристиками деятельности компании, что повышает достоверность получаемых значений. При проведении финансово-экономического анализа наибольшее распространение получил нормативный подход. На базе шести наиболее часто используемых коэффициентов были разработаны входные и выходные лингвистические переменные, их терм-множества, а также сформировано множество нечетких экспертных правил. Разработана система нечеткого вывода для анализа финансово-экономического состояния инфокоммуникационной компании на базе пакета Fuzzy Logic Toolbox for MatLab. Приведены результаты функционирования системы. Предложена схема ситуационного управления на базе предлагаемой нечеткой модели.

Ключевые слова: финансовый анализ, коэффициенты ликвидности, коэффициенты финансовой устойчивости, инфокоммуникационные компании, нечеткие системы, ситуационное управление, Fuzzy Logic Toolbox for MatLab

Введение

В современных условиях у участников хозяйственной деятельности зачастую возникает объективная потребность получения достоверной информации о финансовом состоянии, рентабельности и деловой активности предприятия. Подобная оценка конкурентоспособности может

быть получена различными способами. Одним из способов получения этой информации является анализ финансового состояния предприятия. Его основной целью является своевременное выявление и устранение недостатков в финансовой деятельности.

Компании инфокоммуникационной отрасли также нуждаются в разработке практического