

УДК 658.512.614

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КЛИНИКИ*

В.Г. МАМОНОВА¹, Н.О. ЛУШНИКОВА²

¹ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, доцент. E-mail: pobeda2011@inbox.ru

² 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, магистр. E-mail: lushnina.o@gmail.com

Сейчас здравоохранение является наиболее приоритетной сферой, и для ее успешного развития необходимы не только разработка инновационных технологий, но и создание механизмов управления, использование которых позволит найти оптимальную стратегию функционирования. Необходимо разработать систему, которая решит проблему стратегического планирования медицинских учреждений. В работе предлагается использовать методологию имитационного моделирования, которая позволяет выполнить качественный анализ и оценку эффективности бизнес-процессов, а кроме того, апробировать новую стратегию. Рассматривается бизнес-процесс «Хирургическое лечение», реализуемый в хирургическом блоке медицинского учреждения. Разработана имитационная модель бизнес-процесса с использованием агентного моделирования, где агентами в системе являются все участники процесса – пациенты, медсестры, доктора, санитары. Они имеют свое индивидуальное поведение, взаимодействуя друг с другом в соответствии с установленными правилами. Разработанная имитационная модель имеет наглядную графическую анимацию всех основных процессов. Это позволяет пользователю не только проверить правильность действий, совершаемых в системе, но и отследить, в какой момент времени и при каких условиях снижается эффективность работы. Также разработанная имитационная модель имеет удобный интерфейс, предназначенный для ввода начальных условий и параметров модели, а также удобный интерфейс для вывода результатов. По окончании моделирования рассчитываются показатели эффективности системы, которые характеризуют деятельности хирургического блока с различных сторон. Показатели эффективности необходимы для того, чтобы лицо, принимающее решение, могло оценить эффективность стратегии функционирования медицинского учреждения при определенных входных параметрах и выбрать такие параметры, которые обеспечивают максимально эффективную стратегию функционирования организации.

Ключевые слова: эффективность, управление, принятие решения, здравоохранение, процессный подход, бизнес-процесс, хирургическое лечение, агентное моделирование, имитационное моделирование, сценарии, стратегия, показатели эффективности

DOI: 10.17212/2307-6879-2015-1-93-104

*Статья получена 13 января 2015 г.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях функционирования российского здравоохранения возрастает актуальность создания и внедрения новых форм управления, обеспечивающих повышение эффективности деятельности медицинских организаций при использовании имеющихся ресурсов и высоком качестве оказания медицинской помощи. Для успешного развития медицины необходима не только разработка инновационных технологий, но и создание инновационных механизмов управления деятельностью медицинских учреждений. Высокая степень удовлетворенности пациентов сегодня должна обуславливаться ежегодными стратегическими вложениями в развитие клиники. Основной целью данных вложений являются реинжиниринг бизнес-процессов и создание инфраструктуры, что повышает качество, безопасность и продуктивность лечения [1].

В настоящее время практически отсутствует эффективная стратегия функционирования клиник, разработанная на основе современных методов: системного анализа, теории принятия решения, моделирования [2]. Это ведет к использованию неэффективной стратегии, что, в свою очередь, приводит к низкому качеству обслуживания пациентов, нерациональному использованию трудовых и материальных ресурсов, низкой эффективности деятельности клиники. Следовательно, необходимо разработать систему, которая решит проблему стратегического планирования медицинских учреждений [1].

Принимаемые управленческие решения всегда спроектированы на будущее, поэтому в момент принятия решения нельзя с абсолютной уверенностью знать, какие последствия для организации даст та или иная стратегия. Определение эффективности стратегий функционирования происходит на основании полученных результатов после ее апробирования. Однако это практически невозможно сделать на реальном учреждении, так как ее апробирование в большинстве случаев требует реинжиниринга множества процессов, значительного капиталовложения, а также простоя всей деятельности учреждения [3, 6].

В работе предлагается использование имитационного моделирования. Целью работы является разработка алгоритма стратегического планирования, основанного на имитационной модели, который позволит определить наилучшую стратегию функционирования.

1. РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Эффективность работы любой организации, в том числе и медицинских учреждений, во многом определяется рациональной организацией бизнес-процессов. Применение методологии *имитационного моделирования* позво-

ляет выполнить качественный анализ и оценку эффективности бизнес-процессов, а кроме того, апробировать новую стратегию функционирования. Имитационное моделирование применяется в случае, когда проведение экспериментов с реальными системами невозможно или слишком затратно, ведь это требует значительного капиталовложения, а также простоя всей деятельности учреждения [3, 6, 7]. Таким образом, имитационное моделирование является одним из наилучших средств верификации принимаемых стратегических решений.

В работе предлагается использовать парадигму *агентного моделирования*, которая имеет ряд преимуществ перед другими методами имитационного моделирования. Поведение определяется на индивидуальном уровне, а глобальное поведение возникает как результат деятельности всех агентов, каждый из которых действует по своим определенным правилам, может принимать решения, взаимодействовать со средой и с другими агентами. Поэтому агентную модель проще поддерживать: уточнения делаются на локальном уровне, без глобальных изменений. Принципиальные возможности данного метода весьма велики, он позволяет при необходимости исследовать системы любой сложности и назначения, используя различную степень детализации и уровни абстракции.

Для создания агентной модели применялась система моделирования AnyLogic, созданная компанией «XJTechnologies». AnyLogic имеет удобный графический интерфейс, гибкий язык программирования, возможность детализации на любом уровне, что делает ее мощным средством для решения очень широкого круга проблем в области имитационного моделирования [8]. Разработанная имитационная модель имеет наглядную графическую анимацию всех основных процессов. Это позволяет пользователю не только проверить правильность действий, совершаемых в системе, но и отследить, в какой момент времени и при каких условиях снижается эффективность работы. Кроме визуализации основных процессов системы, разработанная имитационная модель имеет удобный интерфейс, предназначенный для ввода начальных условий и параметров имитационной модели и вывода результатов имитационного моделирования. Также пользователь при необходимости может сохранить результаты в текстовый файл.

В настоящей работе представлена имитационная модель бизнес-процесса «Хирургическое лечение». Данный процесс реализуется в хирургическом блоке медицинского учреждения и является одним из наиболее важных и ответственных в клинике. Под хирургическим блоком подразумевается совокупность таких подсистем, как операционные, реанимационные, предоперационные и послеоперационные палаты, палаты интенсивной терапии. Агентами в системе являются все участники процесса – пациенты,

медсестры, доктора, санитары. Все они имеют свое индивидуальное поведение, взаимодействуя друг с другом в соответствии с установленными правилами [4, 8].

При поддержке одной из клиник г. Новосибирска была проведена большая работа по исследованию и формированию всех необходимых сведений для создания имитационной модели хирургического блока данной клиники, которая содержит следующую информацию:

- структура хирургического блока;
- особенности функционирования хирургического блока;
- правила взаимодействия подсистем;
- медицинские стандарты;
- статистические данные.



Рис. 1. Визуализация агентов пациент, доктор, медсестра, санитар в системе

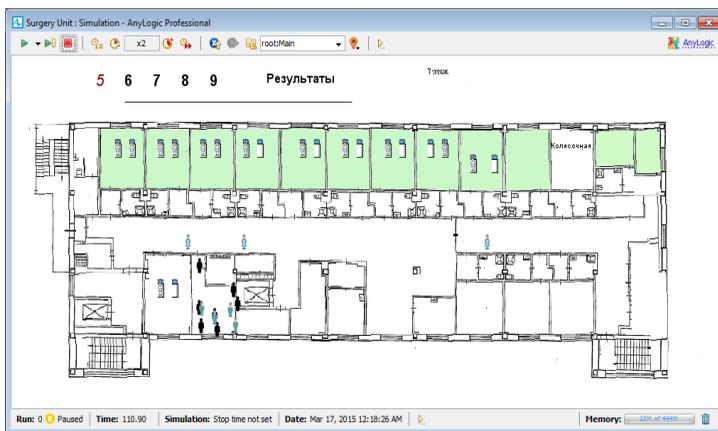


Рис. 2. Схема 5-го этажа хирургического блока

На основе полученных данных была разработана имитационная модель хирургического блока клиники, который имеет 5 этажей: рассматриваемый хирургический блок занимает 5, 6, 7, 8 и 9-й этажи в здании. Пред- и после-

операционные палаты расположены на 5, 6 и 7-м этажах (пример представлен на рис. 2), операционные блоки находятся на 8 и 9-м этажах (схема 9-го этажа представлена на рис. 3), на 8-м этаже находятся реанимационные палаты (рис. 4).

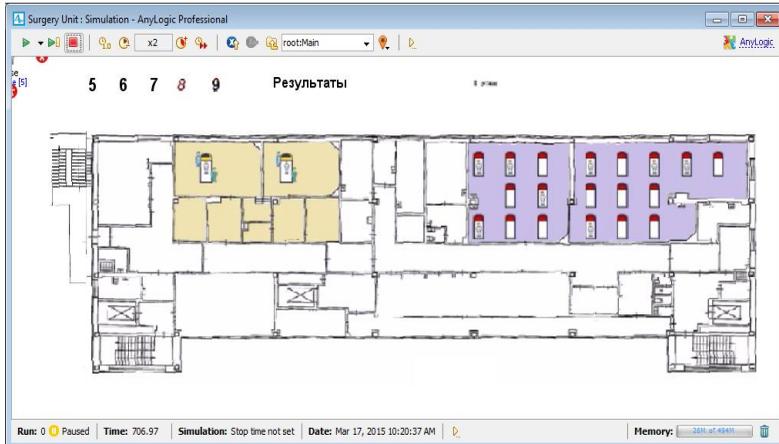


Рис. 3. Схема 8-го этажа хирургического блока

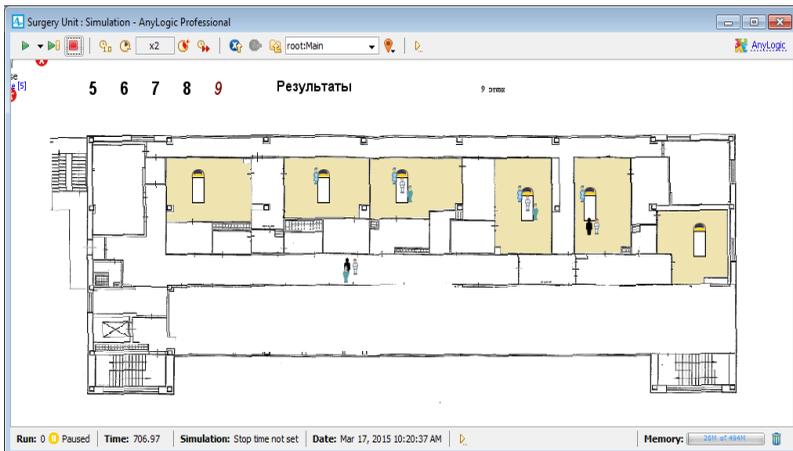


Рис. 4. Схема 9-го этажа хирургического блока

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Существует большое число показателей эффективности здравоохранения. В соответствии с медицинскими стандартами, а также особенностями исследуемого бизнес-процесса были выделены те показатели эффективности, которые характеризуют деятельность хирургического блока с различных сторон [9]. Так был сформирован вектор показателей эффективности $K = \{K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9\}$. Вектор характеризует эффективность функционирования бизнес-процесса «Хирургическое лечение», представляя собой совокупность медицинских, экономических и социальных показателей, а именно:

- K1 – средняя стоимость лечения одного пациента;
- K2 – хирургическая активность;
- K3 – средняя стоимость содержания одной больничной койки;
- K4 – среднее время простоя койки;
- K5 – эффективность использования медицинского оборудования;
- K6 – частота послеоперационных осложнений;
- K7 – оборот койки;
- K8 – экономические потери от простоя койки;
- K9 – среднегодовая занятость койки [10, 11].

Для того чтобы определить взаимосвязь показателей эффективности, была составлена их декомпозиция, представленная на рис. 5.

Выбранные показатели эффективности рассчитываются в имитационной модели бизнес-процесса «Хирургическое лечение». Кроме того, пользователь может остановить процесс в любой момент моделирования для вычисления необходимых показателей эффективности.

3. АПРОБИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Разработанная имитационная модель предлагает исследовать различные стратегии функционирования, которые могут быть реализованы в рамках задачи, выбирая различные входные данные и отслеживание изменения показателей эффективности. Таким образом, при повторном моделировании с использованием различных величин (например, входной поток пациентов, количество операционных или предоперационных палат, количество врачей-хирургов или медсестер и другие), можно проанализировать проведенные изменения по результатам моделирования и выбрать такие параметры, которые обеспечивают максимально эффективную стратегию функционирования организации.

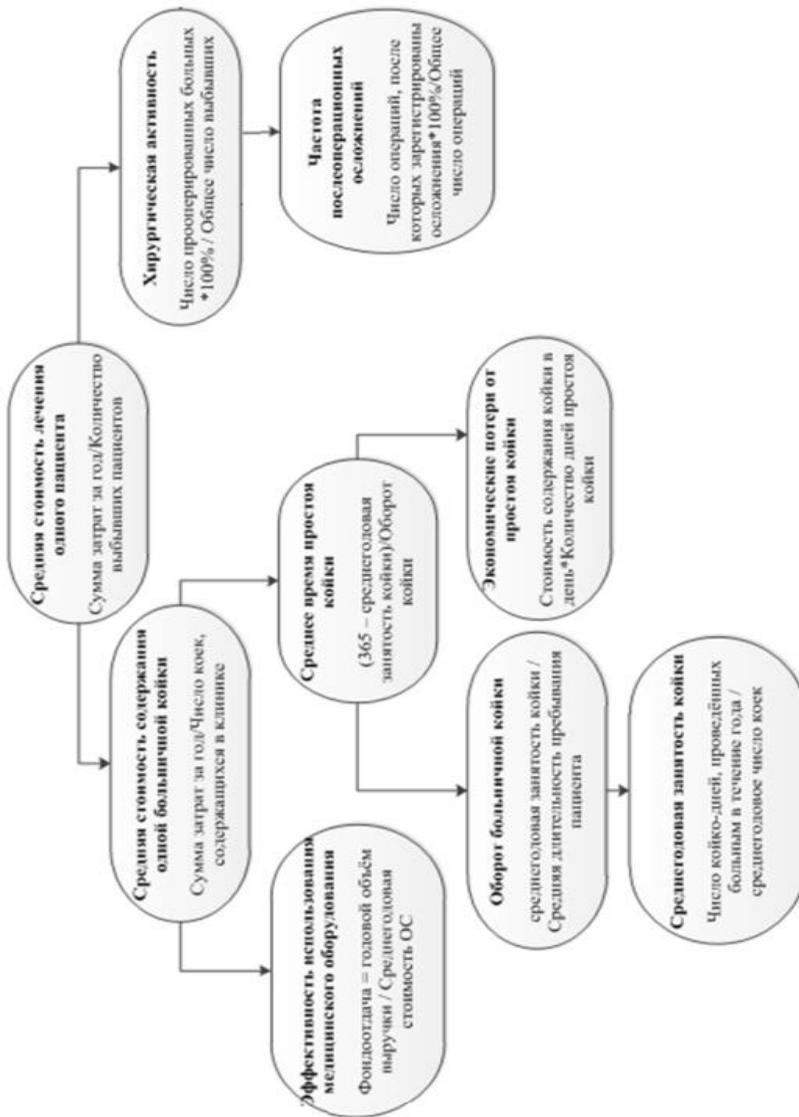


Рис. 5. Декомпозиция показателей эффективности

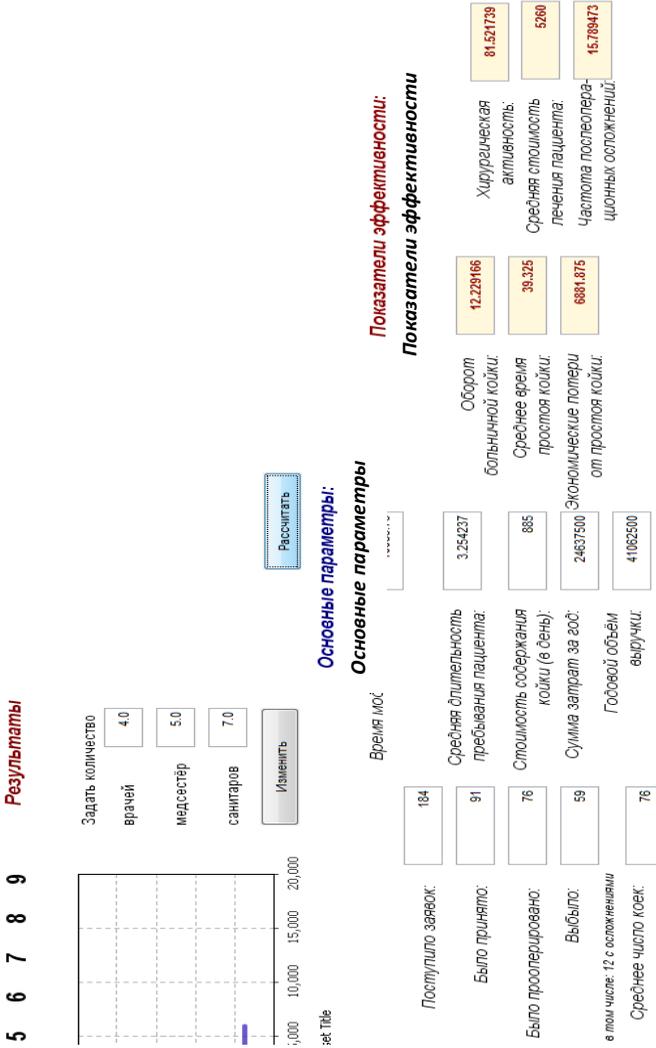


Рис. 6. Результаты имитационного моделирования

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная программа для бизнес-процесса «Хирургическое лечение» позволяет пользователю смоделировать деятельность хирургического блока с определенными параметрами, которые включают в себя следующее:

- параметры структуры хирургического блока (ресурсы хирургического блока: количество койко-мест в палатах, операционные столы, тележки для перевозки пациентов и т. д.);

- количество сотрудников (доктора, медсестры, санитары), определяет количество пациентов и интенсивность их поступления в стационар;

- время моделирования процесса.

В имитационной модели клиники рассчитываются необходимые показатели эффективности и значимые параметры для того, чтобы лицо, принимающее решение, могло оценить эффективность стратегии функционирования медицинского учреждения при определенных входных параметрах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мамонова В.Г., Лушникова Н.О.* Использование имитационного моделирования в алгоритме принятия решения при формировании стратегии ЛПУ // *Инновации в медицине: основные проблемы и пути их решения. Регенеративная медицина и новые биосовместимые материалы: материалы 3 международного форума, Новосибирск, 24–25 октября 2014 г.* – Новосибирск: [б. и.], 2014. – С. 302–308.

2. *Мамонова В.Г., Томилов И.Н., Мамонова Н.В.* Управление процессами. Ч. 1. Подготовка бизнес-процессов к моделированию. Инструменты моделирования: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – 99 с.

3. *Мамонова В.Г., Ганелина Н.Д., Мамонова Н.В.* Моделирование бизнес-процессов: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 43 с.

4. Справочная документация AnyLogic [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.anylogic.ru/anylogic/help/> (дата обращения: 18.06.2014).

5. *Мамонова Н.В.* Система поддержки принятия решений стратегического планирования деятельности предприятий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск, 2012. – 21 с.

6. *Садовой М.А., Бедорева И.Ю.* Система менеджмента качества в учреждении здравоохранения. – Новосибирск: Клиника НИИТО, 2007. – 320 с.

7. *Ермакова С.Э.* Технология моделирования бизнес-процессов в медицинских организациях [Электронный ресурс] // *Вопросы экономики и права.* – 2011. – № 31. – С. 81–85. – URL: <http://ecsocman.hse.ru/data/2011/09/23/1267452999/15.pdf> (дата обращения: 01.02.2015).

8. Карнов Ю.Г. Имитационное моделирование систем: введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 390 с.

9. Работа операционной медицинской сестры [Электронный ресурс] // Medchitalka: медицинская библиотека. – URL: <http://www.medchitalka.ru/surgery/illness/operation/24528.html> (дата обращения: 27.11.2014).

10. Руководство по анализу состояния здоровья населения и деятельности учреждений здравоохранения муниципального уровня / С.А. Леонов, И.М. Сон, Д.Ш. Вайсман, В.Г. Утка, Э.И. Погорелова, Э.М. Секриеру, А.И. Дорохина, В.В. Кулагин, А.А. Савина, А.Б. Захарова, Л.В. Отинова, Е.И. Зубарева, К.М. Кельманзон. – М., 2008. – 96 с.

11. Абашин Н.Н. Удовлетворенность пациента как показатель качества медицинской помощи (по материалам социологического опроса) // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и история медицины. – 1998. – № 5. – С. 31–33.

Мамонова Виктория Георгиевна, доцент кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – управление в социальных экономических системах. Имеет более 40 публикаций. E-mail: pobeda2011@inbox.ru

Лушникова Нина Олеговна, магистр кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета. Основное направление исследования – компьютерное моделирование систем. E-mail: lushnina.o@gmail.com

The usage of simulation modeling in strategy formulating*

V.G. Mamonova¹, N.O. Lushnikova²

¹ *Novosibirsk state technical university, 20 prospect Karla Marksa, Novosibirsk 630073, Russian Federation, associate professor. E-mail: pobeda2011@inbox.ru*

² *Novosibirsk state technical university, 20 prospect Karla Marksa, Novosibirsk 630073, Russian Federation, master student. E-mail: lushnina.o@gmail.com*

Nowadays healthcare is a high-priority sphere and for its successful development not only innovation medical technology design is necessary, but also it is necessary to design management mechanisms that will help to determine the optimal strategy for medical services. It is important to develop a system that will solve the strategic planning problem of medical ser-

* Received 4 January 2015.

vices. It is offered to use the methodology of simulation modelling. Its usage allows making a quality analyses and estimating the business process efficiency and also testing a new strategy. In the current study the business process "Surgery treatment" is investigated as it is one of the most responsible and significant business-process in the clinic. Surgery treatment is carried out in a surgery unit. This simulation model of the business process was developed using the agent modelling, the agents in the model are all participants of the process - patients, doctors, nurses, hospital attendants. All agents have their own individual behavior and interact with each other in accordance with the rules defined. The model has the animation of all main processes that allows user not only to check the correctness of the processes, but also to define time and conditions when the system performance efficiency reduces. Moreover, it has a user-friendly interface to set start conditions and parameters values, to see the results. When the simulation is complete those quality indicators are calculated, which describe and specify all aspects of surgery unit performance. These quality indicators are necessary in order to provide the person, who makes the decision, the possibility to estimate the efficiency of medical services with the specific source data and choose that parameters, which provide the most efficiency strategy for the organization.

Keywords: process efficiency, management, decision making, healthcare, process approach, business process, surgery treatment, agent modeling, simulation modeling, scenarios, strategy, quality indicators

DOI: 10.17212/2307-6879-2015-1-93-104

REFERENCES

1. Mamonova V.G., Lushnikova N.O. [Simulation modelling usage when the LPU strategy is formed]. *Materialy 3 mezhdunarodnogo foruma "Innovatsii v meditsine: osnovnye problemy i puti ikh resheniya. Regenerativnaya meditsina i novye biosovmestimye materialy"*, Novosibirsk, 24–25 oktyabrya 2014 g. [Materials of the 3 international forum "Medical innovations: main problems and their solutions. Regenerative medicine and new biocompatible materials"], Novosibirsk, 24–25 October 2014, pp. 302–308. (In Russian)
2. Mamonova V.G., Tomilov I.N., Mamonova N.V. *Upravlenie protsessami. Ch. 1. Podgotovka biznes-protsessov k modelirovaniyu. Instrumenty modelirovaniya* [Management processes. Pt. 1. Preparation of business processes modeling. Modeling tools]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2014. 99 p.
3. Mamonova V.G., Ganelina N.D., Mamonova N.V. *Modelirovanie biznes-protsessov* [Modeling of business processes]. Novosibirsk, NGTU Publ., 2012. 43 p.
4. *Spravochnaya dokumentatsiya AnyLogic* [AnyLogic Help System]. Available at: <http://www.anylogic.com/anylogic/help/> (accessed 18.06.2014)
5. Mamonova N.V. *Sistema podderzhki prinyatiya reshenii strategicheskogo planirovaniya deyatelnosti predpriyatii*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Decision making support system for strategic planning of company performance. Author's abstract of PhD eng. sci. diss.]. Novosibirsk, 2012. 21 p.

6. Sadovoi M.A., Bedoreva I.Yu. *Sistema menedzhmenta kachestva v uchrezhdenii zdravookhraneniya* [Quality management system in healthcare institutions]. Novosibirsk, Klinika NIITO Publ., 2007. 320 p.
7. Ermakova S.E. Tekhnologiya modelirovaniya biznes-protsessov v meditsinskikh organizatsiyakh [The techniques of business-process modelling in medical companies]. *Voprosy ekonomiki i prava – Questions of Economy and the Right*, 2011, no. 31, pp. 81–85. (In Russian). Available at: <http://ecsocman.hse.ru/data/2011/09/23/1267452999/15.pdf>. (accessed 01.02.2015)
8. Karpov Yu.G. *Imitatsionnoe modelirovanie sistem: vvedenie v modelirovanie s AnyLogic 5* [Simulation modelling of the systems. Introduction to simulation with Anylogic 5]. St. Petersburg, BHV-Petersburg Publ., 2005. 390 p.
9. Rabota operatsionnoi meditsinskoj sestry [The operating medical sister]. *Medchitalka: meditsinskaya biblioteka* [Medchitalka: Medical library]. Available at: <http://www.medchitalka.ru/surgery/illness/operation/24528.html>. (accessed 27.11.2014)
10. Leonov S.A., Son I.M., Vaisman D.Sh., Utko V.G., Pogorelova E.I., Sekrieru E.M., Dorokhina A.I., Kulagin V.V., Savina A.A., Zakharova A.B., Otinova L.V., Zubareva E.I., Kel'manzon K.M. *Rukovodstvo po analizu sostoyaniya zdorov'ya naseleniya i deyatel'nosti uchrezhdenii zdravookhraneniya munitsipal'nogo urovnya* [Manual for people's health and medical organizations' performance analysis at the municipal level]. Moscow, 2001, pp. 4–8.
11. Abashin N.N. Udovletvorennost' patsienta kak pokazatel' kachestva meditsinskoj pomoshchi [Satisfaction of the patient as an indicator of medical care quality (according to the questionnaire survey)]. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istoriya meditsiny – Problems of Social Hygiene, Health Care and History of Medicine*, 1998, no. 5, pp. 31–33.