

## ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРЫ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКОВ В МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Л. Р. ДАВЛЕТШИНА<sup>1</sup>, А. С. КРУЖКОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>layladavel@gmail.com, <sup>2</sup>danteform@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

**Аннотация.** Посвящена вопросам разработки моделей, позволяющих получить параметры динамики процесса обеспечения лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ) медикаментами. Основными результатами работы системы являются статистические характеристики, позволяющие делать вывод о качестве управления процессом снабжения.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование; лечебно-профилактическое учреждение; имитационно-динамическая модель; Anylogic; системная динамика; медицина; поставки; медикаменты; управление запасами; процесс снабжения.

### ВВЕДЕНИЕ

В связи с особенностями экономической ситуации в настоящее время существенно увеличился разброс в ценах и ассортименте медикаментов, поставляемых в ЛПУ. На процесс снабжения медикаментами накладывается отпечаток снижения платежеспособности ЛПУ. Кроме того, системные эффекты, возникающие в процессе потребления лекарственных средств, обусловлены его сложностью, целостностью, многофакторностью формирования и динамичностью. Упущения в планировании потребности в лекарственных средствах наносят огромный ущерб процессу медикаментозного лечения [1] и, как следствие, снижает качество деятельности.

Эти факторы являются одними из главных причин недостаточного снабжения больниц и поликлиник лекарственными средствами и изделиями медицинского назначения, а, следовательно, неблагоприятно влияют на лечебный процесс. В связи с этим остро встает задача повышения эффективности процесса обеспечения ЛПУ медикаментами, которые являются одним из важных инструментов их деятельности. Обеспечение такой эффективности возможно как за счет внешних факторов – создание благоприятных льготных условий, так и за

счет внутренних – путем учета потерь и затрат, а также их снижения [2]. Один из возможных и наиболее эффективных, с нашей точки зрения [3], способов уменьшения этих потерь – реализация рационального управления деятельностью ЛПУ на основе построения информационной системы.

Новизна исследования заключается в новой области применения методов имитационного моделирования и стратегий управления запасами, а именно, в управлении обеспечением лечебных учреждений лекарственными средствами и изделиями медицинского назначения.

Для решения задач управления запасами одним из наиболее эффективных инструментов является метод имитационного моделирования. Имитационное моделирование – метод исследования объектов, основанный на том, что изучаемый объект заменяется имитирующим объектом. С имитирующим объектом проводят эксперименты (не прибегая к экспериментам на реальном объекте) и в результате получают информацию об изучаемом объекте. Имитирующий объект при этом представляет из себя информационный объект [9]. В отличие от традиционного аналитического подхода к изучению бизнес-процессов, имитационное моделирование позволяет анализировать поведение сложной системы в динамике.

## ИЗВЕСТНЫЕ РЕШЕНИЯ

Окончание табл. 1

Для решения задач имитационного моделирования могут быть использованы несколько известных пакетов компьютерной математики. Обзор наиболее популярных из них представлен в табл. 1.

На основании достоинства и недостатков различных пакетов был сделан вывод, что наиболее эффективным инструментом имитационного моделирования является система Anylogic.

Таблица 1

## Известные решения

Пакеты	Преимущества	Недостатки
Ех-tendSim [5]	<ul style="list-style-type: none"> <li>– простота пользовательского интерфейса и легкость освоения системы;</li> <li>– наличие бесплатной демоверсии для ознакомления без ограничения функциональных возможностей моделирования;</li> <li>– простое и понятное моделирование с использованием только графических элементов без необходимости программирования.</li> </ul>	<p>Отсутствие встроенного инструмента построения отчета результатов моделирования. Для получения результатов моделирования необходимо вручную собирать статистику по каждому блоку.</p>
Simulink [6]	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ввод структурной модели в графическом редакторе при помощи блоков с палитры библиотек;</li> <li>– встроенная библиотека SimEvent для моделирования различных процессов и систем;</li> <li>– функциональное проектирование модели с использованием подсистем и их декомпозиции;</li> <li>– вывод результатов моделирования в реальном времени в графическом виде.</li> </ul>	<p>При создании сложных моделей приходится строить довольно громоздкие многоуровневые блок-схемы, не отражающие естественной структуры моделируемой системы</p>
PowerSim [7]		<ul style="list-style-type: none"> <li>– развитый визуальный способ создания моделей;</li> <li>– использование высокопроизводительных математических методов;</li> <li>– адаптивность моделей;</li> <li>– высокая скорость работа вплоть до возможности работы в реальном времени;</li> <li>– гибкие средства представления результатов и отчетности.</li> </ul>
Anylogic [4]		<ul style="list-style-type: none"> <li>– мощь и гибкость;</li> <li>– поддерживает практически все способы моделирования систем;</li> <li>– пользователь может эффективно управлять сложностью модели, менять уровень абстракции, интегрировать модель с внешним миром – БД, ERM-системами и т.п.;</li> <li>– AnyLogic не только уменьшает трудоемкость создания имитационных моделей в традиционных областях (производство, логистика, здравоохранение, бизнес-процессы и т.д.), но и создает новые ниши практического применения ИМ, в частности, агентное моделирование потребительского рынка, управления активами и управления проектами, агентное моделирование конкуренции.</li> </ul>

Реальные задачи могут потребовать методов моделирования, не включенных в функциональность PowerSim.

Сложный пользовательский интерфейс и необходимость знания языка программирования Java даже для построения сравнительно несложных моделей.

AnyLogic – программное средство для структурного и имитационного моделирования процессов и систем, разработанное российской компанией «Anylogic Company» в 2003 г. [4]. Система AnyLogic включает

в себя графический язык моделирования и позволяет пользователю расширять созданные модели с помощью языка Java. Последняя версия ССИМ AnyLogic 8 разработана в 2017 г. Имитационное моделирование в AnyLogic происходит «перетаскиванием» объектов с «Палитры компонентов моделей» в графическом редакторе с дальнейшим указанием их параметров. Объекты основной библиотеки AnyLogic являются строительными блоками, с помощью которых строятся структурные схемы модели. По своей функциональной принадлежности объекты подразделяются на несколько категорий. Подробное описание библиотек AnyLogic приведено в [4].

Имитационное моделирование в AnyLogic происходит «перетаскиванием» объектов с «Палитры компонентов моделей» в графическом редакторе с дальнейшим указанием их параметров. При построении модели в рамках системной динамики возникают свои особенности. Накопитель и поток являются основными элементами системно-динамических диаграмм. Накопители задают статическое состояние моделируемой системы. Их значения изменяются с течением времени согласно существующим в системе потокам. Накопители описываются уровнями в текущий момент времени, а потоки описываются темпами. Значения потокам присваиваются пользователем. Уравнения в накопителях задаются системой автоматически: входящие в накопитель потоки увеличивают значение накопителя, а исходящие из него потоки, соответственно, его уменьшают. Если у накопителя несколько размерностей, его можно объявить массивом и задать начальные значения для его элементов. Хотя диаграмма накопителей и потоков и может состоять исключительно из потоков и накопителей, хорошей практикой является явное задание в модели второстепенных факторов и разложение формул тех же потоков на составляющие путем добавления в модель динамических переменных [8].

#### ПРЕДЛАГАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ

Каждая методология обладает своими особенностями и ограничениями характера

обработки процесса. Например, агентное моделирование предполагает сосредоточение непосредственно на отдельных объектах, их поведении и взаимодействии, но требует использования некоторой «вмещающей» модели среды. Дискретно-событийная модель позволяет исследовать решения и системные эффекты, но не позволяет работать с ресурсами. Вследствие этого была выбрана системная динамика в качестве парадигмы моделирования системы. Системная динамика позволяет моделировать сложные системы на высоком уровне абстракции, не принимая в расчет мелкие детали: индивидуальные свойства отдельных продуктов, событий или людей. Такие модели позволяют получить общее представление о системе и хорошо подходят для стратегического планирования.

Предлагается следующая структура модели в рамках методологии имитационного моделирования на рис. 1.

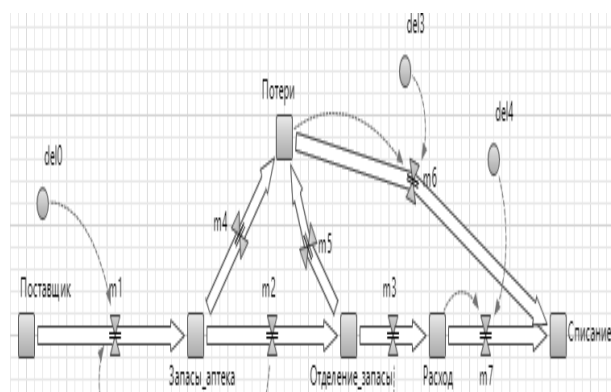


Рис. 1. ИДМ потока медикаментов в ЛПУ

В соответствии с принятым подходом в рамках имитационно-динамической модели (ИДМ) основными элементами являются накопители, которые описываются уровнями в текущий момент времени, и потоки, описываемые темпами. Разработанная модель включает в себя следующие накопители:

- Запасы\_аптека;
- Отделение\_запасы;
- Расход (расход медикаментов);
- Потери (потери медикаментов).

Значение накопителя в каждый момент времени вычисляется в соответствии с дифференциальным уравнением, правая часть которого составляется следующим образом:

значения входящих потоков, т.е., тех, которые увеличивают значение накопителя, добавляются, а значения исходящих потоков, соответственно, вычитаются из текущего значения накопителя:

1. Уровень запасов медикаментов в аптеке:

$$\text{Запасы\_аптека} = m1 - m2 - m4.$$

2. Уровень запасов медикаментов в отделении:

$$\text{Отделение\_запасы} = m2 - m5 - m3.$$

3. Медикаменты, подвергшиеся списанию:

$$\text{Расход} = m3 - m7.$$

4. Потери лекарственных средств и изделий медицинского назначения в аптеке и в отделениях:

$$\text{Потери} = m5 + m4 - m6.$$

Следующими основными элементами являются потоки. В представленной модели включен один поток  $m$  – поток медикаментов.

Источком потока медикаментов служит нулевой узел «Поставщик». Это понятие объединяет в себе множество предприятий и организаций, осуществляющих функцию снабжения ЛПУ лекарственными средствами и изделиями медицинского назначения. Стоком потока медикаментов является нулевой узел «Списание», соответствующий конечной вершине схемы оборота медикаментов в ЛПУ.

Поток медикаментов представляется следующим образом:

- $m1$  – поток медикаментов от поставщиков в аптеку ЛПУ;
- $m2$  – медикаменты, распределенные из аптеки по отделениям ЛПУ;
- $m3$  – распределение медикаментов непосредственно по больным вследствие назначения врача;
- $m4, m5$  – потери лекарственных средств и изделий медицинского назначения в аптеке и в отделениях соответственно;
- $m6, m7$  – медикаменты, подвергшиеся списанию.

Переменные  $del0, del3, del4$  необходимы для описания состояния темпов:

$$m_6 = \frac{\text{Потери}}{del_3};$$

$$m_7 = \frac{\text{Расход}}{del_4}.$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная модель позволит:

- провести имитационный эксперимент;
- получить количественные параметры динамики процесса обеспечения ЛПУ лекарственными средствами и изделиями медицинского назначения в интересах содержательного представления результатов моделирования;
- в качестве результатов выдаются простейшие статистические характеристики, позволяющие делать вывод о качестве управления процессом снабжения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисицына Ю. П., Копыта Н. Я. Руководство к практическим занятиям по социальной гигиене и организации здравоохранения – 2-е изд., М.: Медицина, 1984. – 400 с.: ил. [U.P. Lisitsyna and N. Y. Kopyta, Guide to practical training in social hygiene and health organization, (in Russian). Moscow: Medicine, 1984.]
2. Серенко А. Ф., Ермакова В. В. Социальная гигиена и организация здравоохранения 2-е изд. – М.: Медицина, 1984. – 640 с.: ил. [A.F. Serenko and V.V. Ermakova, Social hygiene and health organization, (in Russian). Moscow: Medicine, 1984.]
3. Тайгина Е.А., Фарухшин Р.М. Моделирование информационных процессов в лечебных учреждениях // Информационные и кибернетические системы управления и их элементы. – Уфа: УГАТУ, 1997. [E.A. Taygina and R.M. Farukshin, Information processes modeling in medical institutions, (in Russian), Ufa, UGATU, 1997.]
4. Якимов И. М., Кирпичников А. П., Мокшин В. В. Моделирование сложных систем в имитационной среде ANYLOGIC // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №13. С. 352-357. [I.M. Yakimov, A.P. Kyrpychnikov and V.V. Mokshin, "Complex systems modelling with Anylogic simulation", (in Russian), in Vestnik KGTU, vol 17, no 13, pp 352-357, 2014.]
5. Якимов И. М., Кирпичников А. П., Павлов А. Д. Моделирование систем массового обслуживания и обучение моделированию в среде ExtendSim // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 24. С. 126-129. [I.M. Yakimov, A.P. Kyrpychnikov and A.D. Pavlov, "Queueing systems simulation and training with Extendsim", (in Russian), in Vestnik KGTU, vol 19, no 14, pp 126-129, 2016.]

**6. Якимов И. М., Кирпичников А. П., Мокшин В. В.**

Обучение имитационному моделированию в пакете SIMULINK системы MATLAB. // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 22. С. 184-188. [ I.M. Yakimov, A.P. Kirpichnikov and V.V. Mokshin, "Simulation modeling training with Matlab Simulink", (in Russian), in *Vestnik KGTU*, vol 18, no 22, pp 184-188, 2015.]

**7. Кумов С. А., Довженко А. М., Иванов С.С.**

Описание принципов работы генетического оптимизатора и общее описание генетических алгоритмов [Электронный ресурс]. URL: <http://it.metalinfo.ru/2006/prezent/ibs/tech/1.pdf> (дата обращения 31.03.2019). [S.A. Kumov, A.M. Dvijenko and S.S. Ivanov (2019, March 31). *Genetic optimizer principles and general description of genetic algorithms* [Online]. Available: <http://it.metalinfo.ru/2006/prezent/ibs/tech/1.pdf>]

**8. Anylogic Company,** Справочный материал AnyLogic 7

Professional [Электронный ресурс]. URL: <https://help.anylogic.ru/index.jsp> (дата обращения 31.03.2019). [Anylogic Company (2019, March 31). Reference material AnyLogic 7 Professional [Online]. Available: <https://help.anylogic.ru/index.jsp>]

**9. Меерсон А. Ю., Смирнова Е. И.**

Об особенностях преподавания имитационного моделирования студентам экономических специальностей [Электронный ресурс]. URL: [http://www.rusnauka.com/9\\_SNP\\_2015/Economics/8\\_188631.doc.htm](http://www.rusnauka.com/9_SNP_2015/Economics/8_188631.doc.htm) (дата обращения 31.03.2019). [ A.U. Meerson and E.I. Smirnova (2019, March 31). *About teaching features of imitation modeling to students of economic specialties* [Online]. Available: [http://www.rusnauka.com/9\\_SNP\\_2015/Economics/8\\_188631.doc.htm](http://www.rusnauka.com/9_SNP_2015/Economics/8_188631.doc.htm)]

**ОБ АВТОРАХ**

**ДАВЛЕТШИНА Лейла Рамилевна**, бакалавр каф. ТК.

**КРУЖКОВ Александр Сергеевич**, асп. каф. АСУ. Дипл. инженер-схемотехник (УГАТУ 2014). Готовит дис. об автоматизации научных экспериментов.

**METADATA**

**Title:** The structure of model, simulating flows and moves, in healthcare organizations

**Authors:** L. R. Davletshina<sup>1</sup>, A. S. Krujkov<sup>2</sup>

**Affiliation:**

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

**Email:** <sup>1</sup>layladavel@gmail.com, <sup>2</sup>danteform@gmail.com

**Language:** Russian.

**Source:** *Molodezhnyj Vestnik UGATU* (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (20), pp. 54-58, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

**Abstract:** This work is devoted to the models development that could obtain the parameters of the process, providing medical facilities with medicines. The main results of the system are statistical characteristics that allow to make a conclusion about the quality of supply management.

**Key words:** simulation modeling; health care facility; simulation-dynamic model; Anylogic; system dynamics; medicine; supplies; medicines; inventory management; supply process.

**About authors:**

**DAVLETSHINA, Leyla Ramilevna.**, student 4 year, Ufa state aviation technical University

**Krujkov, Aleksandr Sergeevich.**, postgraduate student, Ufa state aviation technical University