

**Е.Н. МАЛЫШЕВА,**

аспирант кафедры «Вычислительная техника» физико-технического факультета ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет — УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, katyona@bk.ru

**С.Л. ГОЛЬДШТЕЙН,**

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная техника» физико-технического факультета ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет — УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург

## ОБЗОР ИНСТРУМЕНТАРИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ КАК СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

УДК 004:616

*Малышева Е.Н., Гольдштейн С.Л. Обзор инструментария имитационного моделирования системы организации медицинской помощи как сложной динамической системы (ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет — УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»)*

**Аннотация:** Представлен обзор инструментария имитационного моделирования системы организации медицинской помощи как сложной динамической системы, наиболее популярного и широко используемого на рынке информационных технологий.

**Ключевые слова:** инструментарий имитационного моделирования, система организации медицинской помощи, динамическая система.

UDC 004:616

*Malysheva E.N., Goldshtein S.L. The review of toolkit of imitating modelling of system of the organisation of medical aid as difficult dynamic system (The Ural state technical university — UPI a name of the first President of Russia B.N. Yeltsin)*

**Summary:** The review of toolkit of imitating modelling of system of the organisation of medical aid as the difficult dynamic system, information technology most popular and widely used in the market is presented.

**Keywords:** toolkit of imitating modelling, system of the organisation of medical aid, dynamic system.

### Введение

**М**оделирование системы организации медицинской помощи как динамической системы представляет собой пример трудноформализуемой, с точки зрения математики, задачи. По-прежнему нет инструмента поддержки деятельности специалиста и управленца, способного в достаточной мере удовлетворить его потребности при разрешении проблемных ситуаций. Действия руководителя по управлению системой организации медицинской помощи как динамической



системой требуют постоянного анализа различных вариантов возможных управленческих решений. Минимизация расходов, переход на новые финансовые инструменты, оптимизация материально-технической и кадровой базы в соответствии с параметрами, характеризующими качество продукции и/или услуг, — вот далеко не полный перечень некоторых насущных задач, решаемых руководителем такой системы. В современных условиях широкого внедрения в медицинских организациях информационных технологий актуальны научные исследования, вскрывающие роль и степень формализации управленческой деятельности, а также работы специалистов, и возможности их моделирования.

Имитационное моделирование — это метод, позволяющий строить модели с учетом времени выполнения функций. Полученную модель можно «проиграть» во времени и получить статистику происходящих процессов так, как это было бы в реальности. Имитационные модели строятся для поиска оптимального решения в условиях ограниченных ресурсов, когда другие математические модели оказываются слишком сложными. В общем случае под имитацией понимают процесс проведения на компьютере экспериментов с математическими моделями систем реального мира. Имитационные модели всегда динамические — это позволяет исследовать поведение моделируемого бизнес-процесса как развивающегося процесса по определенной траектории в течение некоторого периода модельного времени, что дает основания предсказывать будущие состояния, тенденции развития с учетом их взаимодействия и влияния факторов внешней среды в условиях неопределенности [1–12]. Имитационное моделирование является важной инструментальной поддержкой анализа деятельности медицинской организации во всех мыслимых аспектах (технологическом, экономическом, организационном и пр.) в целях совершенствования оказания медицинской помощи и управлен-

ческих процессов, скоординированной и контролируемой работы всех подсистем. Имитационное моделирование способствует увидеть не только сегодняшние «узкие места», но и предвосхитить их появление в будущем — вот путь к полному пониманию организации медицинской помощи, когда в любой момент времени можно получить ответ на вопрос о том, что, почему и как происходит в каждой из подсистем организации [13–27].

В данной статье поставлена задача проведения литературно-аналитического обзора инструментария имитационного моделирования системы организации медицинской помощи как динамической системы.

### **Собственные материалы исследования**

Для обзора использованы прежде всего публикации по имитационному моделированию системы организации медицинской помощи, найденные поисковыми системами Yandex, Google, Yahoo! и Rambler в Internet с 2000 года, а также статьи из журналов и книжные издания за разные годы, в основном [1–27].

По данным последних обзоров [15], публикуемых в Internet, куда информация предоставляется компаниями — производителями программного обеспечения для имитационного моделирования, сегодня на рынке информационных технологий фигурирует порядка 150 программных продуктов аналитического типа, ориентированных на имитационное моделирование динамической системы. В обзор вошли средства, которые являются наиболее популярными и широко используемыми на рынке информационных технологий по организации медицинской помощи и обладают определенным набором характеристик (табл. 1).

В таблице 2 приведен наиболее известный на сегодняшний день инструментарий имитационного моделирования по организации медицинской помощи по функциям в соответствии с таблицей 1.



Таблица 1

**Основные функции инструментария имитационного моделирования**

№	Функция	Характеристика
1	Наличие средств проблемной ориентации	Система моделирования содержит наборы понятий, абстрактных элементов, языковые конструкции из предметной области соответствующего исследования
2	Применение объектно-ориентированных специализированных языков программирования	Языки программирования, поддерживающие авторское моделирование и процедуры управления процессом моделирования
3	Интерфейс	Наличие удобного и легко интерпретируемого графического интерфейса
4	Анимация	Использование развитой двух- и трехмерной анимации в реальном времени
5	Возможность для реализации нескольких уровней представления модели, средства для создания стратифицированных описаний	Современные системы моделирования применяют структурно-функциональный подход, многоуровневые иерархические, вложенные структуры и другие способы представления моделей на разных уровнях описания
6	Наличие линеек и инструментов для проведения и анализа результатов сценарных, вариантных расчетов на имитационной модели	
7	Математическая и информационная поддержка процедур анализа входных данных, анализа чувствительности и широкого класса вычислительных процедур	Связанно с планированием, организацией и проведением направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели
8	Оптимизация	
9	Интеграция с другими программными средами	
10	Использование парадигм «моделирование систем с дискретными событиями», «агентное моделирование» и «системная динамика»	





Таблица 2

**Инструментарий имитационного моделирования системы организации**

Функция	Описание
<b>Any Logic</b>	
1	Стратегический менеджмент, производство, обслуживание, логистика, цепочки поставок, медицина, транспорт, IT-управление, телекоммуникации, поддержка принятия решений, агентный подход
2	Объектно-ориентированный, платформонезависимый язык Java, базирование на платформе Eclipse. Расширение функциональности любых примитивов AnyLogic путем добавления в них фрагментов Java-кода
3	Дружественный пользовательский графический интерфейс
4	Графическое построение модели, интерактивная двухмерная и трехмерная анимация и создание апплетов
5	Итеративное поэтапное построение больших моделей, иерархия сложных систем
6	Сбор данных и статистическая обработка (отклонение от средней, вероятностные распределения и т.д.), представление (графики Ганта, гистограммы и т.д.)
7	Stat::Fit поддерживает более 40 математических распределений; поддерживаемые типы эксперимента: простой прогон, сравнение прогонов, варьирование параметров, симуляция, оптимизация, Монте-Карло, анализ чувствительности, калибровка, пользовательские алгоритмы (произвольный эксперимент по пользовательскому сценарию); планирование экспериментов
8	Встроенный механизм (оптимизатор) OptQuest может работать как с классическими, так и очень объемными задачами, включая структурную оптимизацию
9	AnyLogic-модели могут взаимодействовать с офисным программным обеспечением, ERP, CRM, читать данные из электронных таблиц, баз данных, быть встроенными в производственный процесс в режиме реального времени. Связь с XML, библиотеками
10	Использование методов системной динамики, «процессного» дискретно-событийного и агентного моделирования
<b>Arena</b>	
1	Производство, цепочки поставок / логистика, управление бизнес-процессами, медицина
2	Язык моделирования SIMAN, встроенные средства управления и коммуникации (управляющие элементы ActiveX) в режиме реального времени
3	Удобный, легко интерпретируемый графический интерфейс
4	Графическое построение модели, двухмерный и трехмерный графические редакторы (Cinema Animation, пакет Arena 3Dplayer для полноценной трехмерной анимации)
5	Иерархические многоуровневые структуры (иерархическое моделирование / создание подмоделей)
6	Output Analazer (отклонение от средней, Anova, гистограммы, графики). Анализатор процессов Process Analyzer для запуска и сравнения сценариев. Scenario Manager позволяет запускать целую серию имитаций и анализировать их результаты
7	Анализатор входа Input Data Analyzer, проектирование экспериментов
8	Пакеты Results Optimizer и Arena OptQuest
9	Интеграция с BPwin 4.0, доступ через ADO/ODBC к базам данных (Oracle, Access, Excel, SQL ...), OLE, импортирование файлов из пакета AutoCad (в формате dxf), из пакета Visio, из пакета Blue Pumpkin Workforce, пакет VBA Visual Basic for Applications корпорации Microsoft



Таблица 2, продолжение

Функция	Описание
10	Дискретное моделирование, непрерывное моделирование, совмещенное дискретное/непрерывное моделирование
<b>eM-Plant</b>	
1	Дискретное производство (автомобильная отрасль, электроника, судостроение, станкостроение, сборочные линии и т.д.), логистика, сбыт, консалтинг, симуляция бизнес-процессов, здравоохранение, банковский бизнес
2	Язык SimTalk
3	Легкая настройка интерфейса с помощью объектов типа Dialog. Он является многоязычным
4	Графическое построение модели, стандартная 2D-анимация, расширенная 3D-анимация
5	Иерархический принцип создания моделей
6	Стандартный включенный инструмент анализа данных DataFit (доверительный интервал, средние и т.д.), анализатор узких мест, диаграмма Ганта, диаграмма Сэнки
7	Стандартный инструмент анализа данных DataFit, система управления экспериментом, поддержка пакетного режима работы, расчет доверительных интервалов, нейронные сети, менеджер экспериментов
8	Генетические алгоритмы, нейросети
9	Интеграция с программами Tecnomatix, eMPOWER, XML, AutoCad, SDX interfaces, layout oriented modeling
10	Отображение дискретных позиций подвижных объектов на фоне сетевой структуры модели, отображение непрерывного движения объектов на фоне произвольного графического двумерного изображения модели, реалистическое отображение движения объектов модели в трехмерном пространстве
<b>ProModel</b>	
1	Производство и логистика, анализ отклонений, шесть сигм; проектирование и планирование портфеля; оценка мощностей, анализ затрат; моделирование циклических усовершенствований во времени; фармацевтика
2	Процедуры управления процессом моделирования
3	Удобный, легко интерпретируемый графический интерфейс
4	Графическое построение модели, использование возможностей визуализации и анимации в режиме реального времени
5	Вложенные структуры
6	Полный анализ выходных данных, использование диаграмм
7	Определенные пользователем распределения, 15 предопределенных распределений плюс распределения, поставляемые с Stat::Fit (включенное программное обеспечение); unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters; графики Ганта
8	Доступна оптимизация с использованием OptQuest и/или SimRunner
9	Экспорт в Excel и Access для последующего анализа, формат xls для разгрузки внешних файлов, дополнительных функций
10	Система моделирования дискретного типа
<b>ARIS</b>	
1	Консалтинг, проектирование информационных систем, производство товаров (машиностроительное производство, производство бумаги, товаров широкого потребления, модели проектирования заводов и пр.) и предоставление услуг





Таблица 2, окончание

Функция	Описание
2	Язык UML, система является «закрытой» для пользователей. При помощи определенного мастера пользователи имеют возможность создавать собственные алгоритмы анализа, которые будут использоваться в последующих проектах
3	Удобный графический интерфейс. Вся информация в базе данных может быть представлена на нескольких языках
4	Наличие
5	Неограниченная декомпозиция. Возможна декомпозиция на различные типы моделей
6	Наличие инструментов для проведения и анализа результатов сценарных, вариантных расчетов на имитационной модели
7	Предлагается около 80 типов моделей. Диаграммы Чена, Object Modeling Technique (OMT) и т.п. Поддержка библиотек типовых моделей. Функция создания документов-регламентов. Проектирование БД и файлов. Функционально-стоимостной и динамический анализы. Алгоритмы анализа: классификация функций, необходимые организационные изменения в процессах, анализ движения информации внутри процесса, анализ использования элементов автоматизированной системы в процессах
8	Средства оптимизации бизнес-процессов
9	Интеграция с репозиторием R/3, с RTF, MS Project, Word, Excel, ER/win, Designer/2000, Rational Rose, IEF, PowerDesigner, System Engineer, IBM Flowmark (класс workflow), Staffware, Lotus Notes
10	Узкоспециализированная методология, предназначенная исключительно для моделирования и анализа бизнес-процессов.

### Заключение

Таким образом представлен обзор инструментария имитационного моделирования системы организации медицинской помощи как инструмента поиска оптимального решения в условиях ограниченных ресурсов.

Описаны наиболее популярные и широко используемые инструменты имитационного моделирования организации медицинской помощи, которые позволяют совершенствовать технологические и управленческие процессы.

### ЛИТЕРАТУРА



1. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука// Перевод с англ./Под ред. Е.К. Масловского. — М.: Мир, 1978.
2. Chung Ch.A. Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach (Industrial and Manufacturing Engineering Series). — USA: CRC Press Inc., 2003.
3. Бигдан В.Б., Пепеляев В.А., Сахнюк М.А. Актуальные проблемы и тенденции в области современного имитационного моделирования. Адрес в Интернете: <http://eprints.isofts.kiev.ua/260/>
4. Кобелев Н.Б. Имитационное моделирование. Что к нему относится и как понимать? (по следам конференции ИММОД-2005). Адрес в Интернете: [http://www.gpss.ru/statykobeleva\\_w.html](http://www.gpss.ru/statykobeleva_w.html)
5. Law J. Simulation modeling and analysis. — McGraw-Hill, 2006.
6. Острогорский А. Российские компании осваивают технологии имитационного моделирования//Ведомости. — 2007. — № 88. — С. 23–27.



- 7.** Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Имитационное моделирование сложных динамических систем. Адрес в Интернете: [http://www.exponenta.ru/soft/others/mvs/ds\\_sim.asp](http://www.exponenta.ru/soft/others/mvs/ds_sim.asp)
- 8.** Banks J. et al. Discrete-Event System Simulation. — New Jersey: Prentice Hall, 2000.
- 9.** Korn G.A. Advanced Dynamic-system Simulation: Model-replication Techniques and Monte Carlo Simulation. — England, 2007.
- 10.** Oakshott L. Business Modelling and Simulation. — New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- 11.** Pozrikidis C. Modeling and simulation of capsules and biological cells. — CRC press, 2003.
- 12.** Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем: Учеб. пособие. — М.: Дело, 2003.
- 13.** Борщов А.В., Карпов Ю.Г. Профессиональный инструмент имитационного моделирования AnyLogic//ИММОД-2003: Труды Первой Всероссийской научно-практической конференции. — Санкт-Петербург, 2003. — Том 1. — С. 64–69.
- 14.** Румянцев М.И. Средства имитационного моделирования бизнес-процессов. Адрес в Интернете: <http://www.management.com.ua/ims/ims135.html>
- 15.** Лычкина Н.Н. Современные технологии имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах Адрес в Интернете: <http://nit.miem.edu.ru/2006/sb/section0/9.htm>
- 16.** Хворостов В. Инструменты имитационного моделирования. Адрес в Интернете: <http://www.khvorostov.ru/content/instrumenty-imitatsionnogo-modelirovaniya>
- 17.** Karian Z.A., Dudewicz E.J., Dudewicz Z.A. Modern Statistical, Systems, and GPSS Simulation, Second Edition. Адрес в Интернете: <http://www.classes.ru/books-ozon-description/1863448/>
- 18.** Карпов Ю.Г., Борщев А.В. ANYLOGIC — Инструмент имитационного моделирования нового поколения//Телематика 2004: Материалы XI Всероссийской научно-методической конференции. — Санкт-Петербург, 2004. — С. 58–64.
- 19.** Kelton W.D. Simulation with arena + cd. — McGraw-Hill, 2006.
- 20.** Sturgul J.R. Why use the GPSS language? Адрес в Интернете: [http://ief.tup.km.ua/BookSources/gpssbook/why\\_do/HWHY\\_DO.html](http://ief.tup.km.ua/BookSources/gpssbook/why_do/HWHY_DO.html)
- 21.** Matthias U., Hickman A. Eliminate bottlenecks with integrated analysis tools in eM-Plant. Адрес в Интернете: <http://www.informs-cs.org/wsc00papers/034.PDF>
- 22.** AnyLogic. Адрес в Интернете: <http://www.xjtek.ru/>
- 23.** Пакет структурного моделирования iThink: инвестиционные проекты, реинжиниринг, стратегия. Адрес в Интернете: <http://www.tora-centre.ru/library/reing/mslv4.htm>
- 24.** ARIS Business Simulator: Optimierungspotenziale in Gesch?ftsabl?ufen ermitteln und umsetzen. Адрес в Интернете: [http://www.ids-scheer.com/de/Software/ARIS\\_Software/ARIS\\_Business\\_Simulator/7748.html](http://www.ids-scheer.com/de/Software/ARIS_Software/ARIS_Business_Simulator/7748.html)
- 25.** Сравнительный анализ инструментальных средств бизнес-инжиниринга. Адрес в Интернете: [http://kmssoft.ru/publications/km/ontology\\_pub/analiz\\_instr\\_redstv\\_b\\_ing\\_1.html#Задачи](http://kmssoft.ru/publications/km/ontology_pub/analiz_instr_redstv_b_ing_1.html#Задачи).
- 26.** Altiock T. Simulation modeling and analysis with Arena. — USA : State university of New Jersey, 2007.
- 27.** ARIS Software for business processes simulation. Адрес в Интернете: <http://www.solver.ru/engl/management/aris.asp>.