

**Обзорная статья**  
**УДК 004.942:519.872**  
**ББК 32.971.311**  
**К 57**  
**DOI: 10.53598/2410-3225-2024-3-346-63-70**

## **Имитационная модель системы массового обслуживания для бизнес-процессов на примере работы банка**

(Рецензирована)

**Марина Айдамировна Коджешау<sup>1</sup>, Владимир Михайлович Бузоверов<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия, [marina\\_70@mail.ru](mailto:marina_70@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрен современный эффективный компьютерный инструмент имитационного моделирования – AnyLogic, который не ограничивает пользователя одним параметром моделирования. На примере применения AnyLogic для моделирования системы массового обслуживания бизнес-процессов банка обоснована необходимость изучения данной системы в вузах в форме лабораторных работ по предметам, которые связаны с компьютерным моделированием. Это будет способствовать повышению познавательного интереса к проблеме имитационного моделирования, формированию навыков проведения имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** имитационная модель, программирование, эксперимент, анализ, бизнес-процесс, математическая модель, концептуальная модель, критерии эффективности, компьютерное моделирование, динамическое моделирование, дискретно-событийное моделирование

**Для цитирования:** Коджешау М. А., Бузоверов В. М. Имитационная модель системы массового обслуживания для бизнес-процессов на примере работы банка // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. : Естественно-математические и технические науки. 2024. Вып. 3 (346). С. 63–70. DOI: 10.53598/2410-3225-2024-3-346-63-70

Review Article

## **Simulation model of mass service system for business processes on the example of bank operation**

**Marina A. Kodzeshau<sup>1</sup>, Vladimir M. Buzoverov<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Adyghe State University, Maykop, Russia, [marina\\_70@mail.ru](mailto:marina_70@mail.ru)

**Abstract.** A modern effective computer simulation tool AnyLogic which does not limit the user to one modeling parameter is considered. Using the example of using AnyLogic to model the queuing system of the bank's business processes, the necessity of studying this system in universities in the form of laboratory work on subjects related to computer modeling is justified. This will contribute to an increase in cognitive interest in the problem of simulation modeling, the formation of skills for conducting simulation modeling.

**Keywords:** model, simulation model, programming, experiment, analysis, business process, mathematical model, conceptual model, performance criteria, computer modeling, dynamic modeling, static modeling, discrete event simulation

**For citation:** Kodzeshau M. A., Buzoverov V. M. Simulation model of mass service system for business processes on the example of bank operation // The Bulletin of the Adyghe State University. Ser. : Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2024. Iss. 3 (346). P. 63–70. DOI: 10.53598/2410-3225-2024-3-346-63-70

Процессы и объекты, имеющие структурную сложность, приводят к значительным трудностям при их исследовании. На практике такие процессы могут также быть затратными по финансам и по времени проведения их исследования. Другим фактором, усложняющим их изучение и исследование, может быть такая функциональная сложность объекта, при которой невозможно организовать «живой» эксперимент.

Указанные проблемы можно эффективно разрешить, применив приемы и методы имитационного моделирования. Под моделированием понимается такой метод научного исследования, который заключается в замене исходного объекта его моделью, при которой изучение модели и обобщение полученных при ее анализе данных и характеристик переносится на сам объект [1].

Математическая модель, лежащая в основе имитационной модели, представляет собой комплекс математических формул уравнений, неравенств, отражающих количественные зависимости между элементами объекта или процесса, поэтому именно она зачастую лежит в основе имитационного моделирования.

Выбор подхода при разработке имитационной модели находится в прямой зависимости от тех условий и параметров, которые лежат в основе поставленной задачи, от структуры, свойств и области использования объекта. С другой стороны, современные бизнес-процессы многозадачные и многофункциональные. Поэтому выбор одного метода или подхода может быть недостаточным и не позволит описать большинство моделей реальных систем (производственных, логистических цепочек и т. д.), представляющих собой сложные процессы, в которых использовано несколько подходов [2].

Имитационная модель определяется как логико-математическое описание объекта, явления или процесса, которое применяется для экспериментирования на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта. Имитационное моделирование используют, когда затраты весьма велики или экспериментировать на реальных объектах невозможно.

Концептуальная модель при разработке может не построиться в тех случаях, когда в системе есть нелинейность, случайные переменные, причинные связи и зависимости. Необходимо воспроизвести поведение концептуальной модели для возможности реализации имитационной модели, в противном случае при ее разработке возможны трудности и препятствия. При этом общая цель моделирования в процессе принятия решения представляет собой расчет значений выбранного показателя эффективности для различных стратегий проведения операции или реализации проектируемой системы.

Определение перечня критериев эффективности модели лежит в основе формулировки цели и всех этапов разработки модели конкретного объекта или явления. Моделирование не является самоцелью. Необходимо до начала процесса создания имитационной модели определить, каким образом по окончании исследования модели планируется использовать его результаты.

Имитационное моделирование может воспроизводить действия системы во времени. Значительное преимущество заключается в том, что временем в модели можно управлять: можно замедлить, если происходят быстрые процессы, или, наоборот, ускорить, если в модели происходят медленные процессы. Также можно произвести имитацию объектов, которые очень опасны или практически невозможны. Развитие персональных компьютеров позволило разрабатывать сложные программные изделия, в которых активно используется имитационное моделирование.

Разработка имитационной модели требует соблюдения определенных правил:

– соблюдение структуры объекта или явления в плане количественных характеристик;

- соблюдение временных интервалов, то есть длительности операций в соответствии с моделируемым объектом или процессом;
- соблюдение логической структуры;
- соблюдение последовательности протекания процесса.

Применение имитационного моделирования с соблюдением всех правил и этапов дает возможность получения оценки выходных характеристик объекта, явления или сложной системы, позволяющие решить задачи анализа, управления, проектирования совершенствования системы.

Основная цель моделирования (в том числе и имитационного) – это создание функционального аналога разработанной концептуальной модели. Виды моделирования: аналитическое (концептуальное) моделирование, имитационное моделирование. Рассмотрим эти виды подробно.

Аналитическое (концептуальное) моделирование представляет собой процесс формирования реальных объектов с дальнейшим определением решения аналитических функций. Фундаментом для таких моделей служат точные науки (математика, физика), так как для создания и описания аналитической модели используются математические и физические формулы, соотношения и зависимости, линейные, нелинейные, дифференциальные уравнения, неравенства.

Использование имитационного моделирования эффективно в тех случаях, когда нет возможности построения концептуальной модели и требуется имитация объекта, процесса или явления с рассмотрением возможных сценариев их организации в изменяющихся условиях функционирования, поведения, преобразования. Имитационная модель представляет собой упрощенный вариант реального объекта, процесса или явления. Упрощение заключается в том, что структура рассматривается с меньшей степенью подробности, сложности структуры по сравнению с реальным объектом. Можно выделить несколько видов имитационного моделирования: статическое моделирование, компьютерное моделирование, динамическое моделирование, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование, когнитивное моделирование, ситуационное моделирование.

Статическое моделирование (статическое испытание, метод Монте-Карло) представляет собой метод, позволяющий проводить статистические испытания смоделированных объектов. Метод характеризуется тем, что модель строится с учетом входов, функциональных соотношений, имеющих случайную составляющую в процессах, элементах и их параметрах. При этом все перечисленное еще и зависит от случайных законов.

Уровень развития современных технологий и программного обеспечения позволяет успешно и эффективно создавать модели на компьютерах. Одним из способов компьютерного моделирования является использование готовых программных сред, к которым относится прикладное программное обеспечение, с разработанным инструментарием и функционалом для моделирования и проведения экспериментальных работ.

Вторым способом является использование инструментальных сред и языков программирования. В этом случае как модель, ее логическая структура, так и ее поведение описывается разработанным алгоритмом на конкретном языке программирования. Исследование компьютерных моделей можно проводить как в текущий момент, так и продолжительный период времени, отслеживая промежуточные результаты работы программы. Таким образом, основным отличием такой модели от статической является то, что при необходимости определения устойчивых характеристик в статической модели необходимо многократное воспроизведение для исследования следующих статических повторов.

Объектом динамического моделирования являются динамические системы, представляющие собой объекты, процессы, в которых наблюдается состояние определенного закона динамики, определяющего изменение начального состояния характеристик объекта или процесса с течением времени. Динамическая модель может меняться не только по времени. Она может изменять и свое положение в пространстве с течением времени. Обычно это механические устройства, физические объекты и т.д.

Еще одним видом имитационного моделирования является дискретно-событийное моделирование. Дискретно-событийное моделирование описывает поведение системы из одного дискретного состояния в другое дискретное состояние в формате определенного события. То есть дискретно-событийное моделирование можно определить как моделирование, при котором события заменяются реальными действиями.

Агентное моделирование – разновидность имитационного моделирования, один из современных методов, который позволяет проводить исследование работы децентрализованных агентов и тот факт, что поведение этих детерминированных агентов определяет поведение всей системы в целом.

Суть отслеживания заключается в том, что аналитик определяет параметры и характеристики поведения агента на специальном выделенном для контроля уровне. Глобальные выводы делаются аналитиком на основе поведения множества агентов.

Когнитивное моделирование представляет собой систему анализа принятия решений в определенных ситуациях, зачастую носящих негативный характер. Когнитивные технологии используют широкий спектр инструментов, создающих интеллектуальные системы и функциональные знания для принятия решений в различных ситуациях. К когнитивным технологиям относят: методы, приемы и действия, которые осуществляются в определенной последовательности с использованием вычислительной техники, преобразование входных данных в определенные решения.

Ситуационное моделирование – направление исследований и принятия решений. Основой ситуационного моделирования является ситуационное управление (management situations), представляющее собой методы и приемы управления на основе теории искусственного интеллекта сложными техническими системами.

Ситуационное моделирование опирается на знания об управлении объектами, основанными на построении логико-лингвистических моделей. Многоэтапные решения базируются на процедурах управления логическими моделями. Этот вид моделирования используется при исследовании социологических, биологических систем.

Рассмотрим этапы проектирования и разработки имитационных моделей сложных систем. Разработка имитационных моделей представляет собой сложный процесс, состоящий из определенных этапов, каждый из которых может использовать различное программное обеспечение в зависимости от характера выполняемых работ на текущем этапе, целей и прогнозируемого результата. Основные этапы проектирования и разработки имитационной модели сложной системы представлены на рисунке 1.

Современный подход к проектированию предполагает учет в модели всех требований информационной системы и всех ее функций. Применение моделей сможет обеспечить сокращение времени реализации, сделать проект лучше, полнее и эффективнее за счет устранения большого количества ошибок на ранних этапах работы. При этом функциональная настройка помогает рассматривать системы в виде наборов функций, которые помогут преобразовать входной поток информации. Этапы проектирования и разработки имитационной модели, представленные на рисунке 1 носят условный характер.

Разработка любой имитационной модели проходит через все эти этапы с той лишь разницей, что в разных проектах этапы различаются глубиной проработки, объемом, степенью детализации, длительностью этапа тестирования модели и т. д.



Рис. 1. Этапы проектирования и разработки имитационной модели

Ris. 1. Stages of simulation model design and development

Рассмотрим один из наиболее эффективных инструментов имитационного моделирования – AnyLogic. Приложение AnyLogic является приложением объектно-ориентированного моделирования с широкой удобной библиотекой, которая поможет реализовать системы различной сложности. При этом приложение обладает интуитивно понятным интерфейсом. Отметим, что в последние годы интерес к AnyLogic возрос, и данный инструмент активно используется на практике (см. [3] и цитированную там литературу).

Использование программы AnyLogic позволяет реализовать в имитационной модели определенные возможности, учитывая особенности входных данных, структуру их взаимодействия, ожидаемые результаты. AnyLogic разработана на языке Java, имеет русский интерфейс и детальный, понятный комплект справочных материалов.

Новый инструмент имитационного моделирования – AnyLogic – был разработан на основе современных информационных технологий, использующих комбинированные теории и объектно-ориентированное моделирование. AnyLogic не ограничивает пользователя в реализации любой имитационной модели, что характеризует этот инструмент положительно.

AnyLogic включает большую библиотеку компонентов и функций, что дает возможность в процессе разработки добавлять свои компоненты, а также хорошую возможность оценить эффективность реализованной имитационной модели по разным параметрам. Разработанные модели сохраняются как Java-апплеты.

При наличии профессиональной версии пользователю предоставляется возможность использования встроенного отладчика, а также есть возможность создания автономных JAR-файлов. AnyLogic – модели обладают развитой системой 2D–3D симуляции, интерактивности и развитыми возможностями проведения экспериментов. При этом пользователь AnyLogic может применить разные уровни, различные стили и сме-

шивать разные модели. Это дает возможность работать в различных направлениях имитационного моделирования.

Учитывая описанные положительные черты приложения AnyLogic, эта среда активно используется при необходимости разработки имитационных моделей, при этом функционал приложения за счет набора моделей-заготовок «помогает» в разработке, упрощая процесс реализации и сокращая время, затраченное на проведение всех этапов разработки модели.

Приложение AnyLogic имеет собственный функционал, который помогает во взаимодействии с окружением. Включает в себя любое количество наборов других действующих объектов. Активные объекты помогают динамически появляться и в дальнейшем исчезать в соответствии с требованиями функционала системы. Там могут быть реализованы транспортные системы, социальные группы, компании.

Еще одним значимым преимуществом AnyLogic является то, что система включает различные виды анализа – от анализа системы до оптимизации модели относительно определенных правил.

Применение AnyLogic можно показать на примере разработки имитационной модели системы массового обслуживания для бизнес-процессов работы банка. На рисунке 2 представлена итоговая модель, разработанная в AnyLogic.

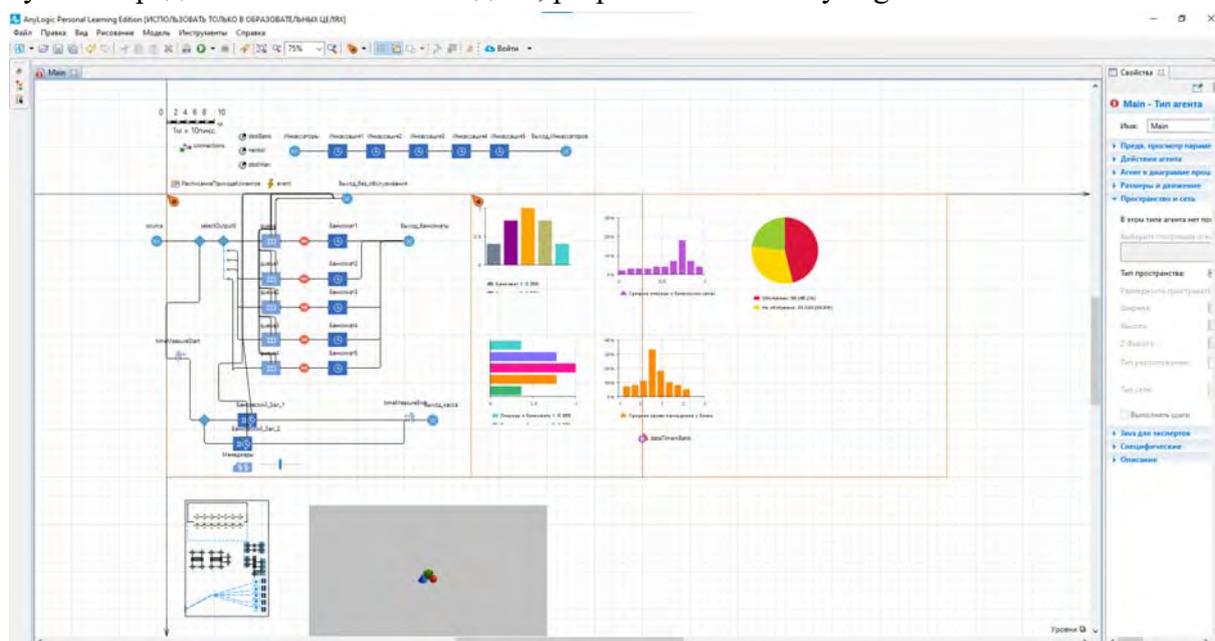


Рис. 2. Итоговая модель системы массового обслуживания

Ris. 2. Result model of the mass service system

В данной модели от количества посетителей зависит, какой будет средняя очередь при работе двух банковских залов и определенного количества менеджеров. Реализация модели позволяет провести компьютерное моделирование, определить, какая будет средняя очередь.

Компьютерное моделирование позволяет также провести анализ оптимизации работы банковского офиса. Для этого необходимо провести несколько симуляций и посмотреть на исходные значения.

Проведем первый эксперимент: при работе двух банковских залов и работе 6 менеджеров определим, какова будет средняя длина очереди в банковском зале (рис. 3).

Вычислительный анализ показал, что при работе двух банковских залов и при наличии шести менеджеров длина очереди составила 12 человек. При этом покинуло зал без обслуживания 169 человек из 576.



Рис. 3. Первый вычислительный анализ

Ris. 3. First computational analysis

Для уменьшения длины очереди понадобится добавление двух менеджеров. Смоделируем работу банковского офиса в этом случае (рис. 4).

Вычислительный анализ показал, что при работе двух банковских залов и работе восьми менеджеров длина очереди составила 11 человек, что немного лучше, чем в первом эксперименте. Без обслуживания осталось в этом эксперименте 86 человек из 535.



Рис. 4. Второй вычислительный анализ

Ris. 4. Second computational analysis

Условия третьего эксперимента: работают два банковских зала и десять менеджеров (рис. 5).

Вычислительный анализ показал, что при работе двух банковских залов и десяти менеджеров средняя очередь в банковском зале составила 10 человек, 30 человек из 548 не были обслужены. Вывод: для оптимизации данной модели банка нужно добавить еще один банковский зал.



Рис. 5. Третий вычислительный анализ

Ris. 5. Third computational analysis

В заключение отметим, что AnyLogic не ограничивает пользователя одним параметром моделирования. Поэтому изучение данной системы можно рекомендовать вузам, например, для проведения лабораторных работ по предметам, которые связаны с компьютерным моделированием. AnyLogic позволяет сформировать навыки проведения имитационного моделирования и реализовывать модели в различных сферах деятельности.

### Примечания

1. Замятина О. М. Моделирование систем : учеб. пособие. Томск : ТПУ, 2009. 204 с.
2. Лимановская О. В., Алферьева Т. И. Моделирование производственных процессов в AnyLogic 8.1 : лабораторный практикум. Екатеринбург : Уральский ун-т, 2019. 136 с.
3. Разработка имитационной модели в области защиты информации с использованием программного обеспечения AnyLogic / М. М. Путято, А. С. Макарян, А. Н. Черкасов, В. А. Кучер // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. : Естественно-математические и технические науки. 2024. Вып. 1 (336). С. 60–69. DOI: 10.53598/2410-3225-2024-1-336-60-69

### References

1. Zamyatina O. M. Systems modeling : textbook. Tomsk : Tomsk Polytechnic University, 2009. 204 p.
2. Limanovskaya O. V., Alferyeva T. I. Modeling of production processes in AnyLogic 8.1 : laboratory workshop. Ekaterinburg : Ural University, 2019. 136 p.
3. Development of a simulation model in the information protection in the field of using AnyLogic software / M. M. Putyato, A. S. Makaryan, A. N. Cherkasov, V. A. Kucher // The Bulletin of the Adyge State University. Ser. : Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2024. Iss. 1 (336). P. 60–69. DOI: 10.53598/2410-3225-2024-3-346-60-69

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Статья поступила в редакцию 28.06.2024; одобрена после рецензирования 15.07.2024; принята к публикации 16.07.2024.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*The article was submitted 28.06.2024; approved after reviewing 15.07.2024; accepted for publication 16.07.2024.*

© М. А. Коджешау, В. М. Бузоверов, 2024