

# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

## SIMULATION MODELING OF DYNAMIC SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF THE INNOVATION SYSTEM OF THE SAMARA REGION

**K. Bryantseva  
O. Morgunova**

*Summary.* Formulation of the task: Research the scope of the most well-known software products (Business Studio, AnyLogic, Bizagi Process Modeler.) Were reviewed with parameters, information output options and priorities, which allow to build a simulation model taking into account incoming data of our system, and their comparative analysis was carried out. Purpose: Develop a scheme of the business process "Innovative system of the Samara region." Methods: Discrete-event simulation modelling. Novelty: this experiment is that it will clearly show the effectiveness of using the results of simulation, at this stage it is the identification of an adequate software product. Results: a software product chosen by us, with the help of which it is possible to build an adequate simulation model. Practical relevance: this study allows you to effectively organize the work in the Samara region on the development of innovation.

*Keywords:* simulation modeling, software, system dynamics, agent modeling, discrete-event modeling, simulation simulation systems, innovation system, regional model.

**Брянцева Ксения Павловна**

Аспирант, Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики  
k\_bryanceva@mail.ru

**Моргунова Олеся Викторовна**

Аспирант, Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики  
Olesyadro90@gmail.com

*Аннотация.* Постановка задачи: были рассмотрены наиболее известные программные продукты (Business Studio, AnyLogic, Bizagi Process Modeler.) с параметрами, возможностями вывода информации и приоритетами, позволяющие построить имитационную модель с учетом входящих данных нашей системы, и проведен их сравнительный анализ. Целью работ: Разработать схему бизнес процесса «Иновационная система Самарской области». Используемые методы: Дискретно-событийное имитационное моделирование. Новизна: данного эксперимента в том, что он наглядно покажет эффективность использования результатов имитационного моделирования, на данном этапе это выявление адекватного программного продукта. Результат: выбранный нами программный продукт, с помощью которого возможно построение адекватной имитационной модели. Практическая значимость: данное исследование позволяет эффективно организовать работу в Самарской области по развитию инноваций.

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, программное обеспечение, системная динамика, агентное моделирование, дискретно-событийное моделирование, системы имитационного моделирования инновации, инновационная система, модель региона.

## Введение

**В** настоящее время создание, совершенствование и эксплуатация автоматизированных систем базируются на использовании компьютеров и, следовательно, на моделях. Автоматизированный анализ и проектирование и, следовательно, имитационное моделирование являются фундаментальными инструментами в автоматизации и управлении.

Однако оба термина, «модель» и «моделирование», соответственно, используются не только в рамках сообщества управления, но и инженерами различных дисциплин, а также в повседневной речи из-за универсальности понятий, лежащих в основе терминов. Оба понятия тесно связаны с тем, что сегодня называется «системой» или «процессом». К сожалению, понятийный аппарат «система — модель — моделирование» недостаточно четко определен, и, следовательно, ученые или инженеры, использующие тот или иной из этих терминов в дискуссии, могут использовать их с совершенно иным значением.

Тип используемой модели будет зависеть не только от исследуемой или проектируемой системы, но и от предыстории и предпочтений моделиста в отношении подхода и инструментов, которые будут использоваться для успешного достижения поставленной цели. Моделирование в общем и в особенности моделирование систем управления и автоматизации базируется в основном на знании свойств системы, которые важны для конкретной задачи. Правильное определение важных свойств системы указывает на то, какие классы моделей будут полезны и какие инструменты моделирования будут уместны. При этом система с определенными свойствами может быть смоделирована несколькими способами и ее математическая модель не будет однозначно определенной, может иметь различную природу, например, дифференциальные уравнения или описывающие функции.

Кроме того, важные аспекты построения модели рассматриваются не только с точки зрения управления, но и с более общей теоретической точки зрения. Среди

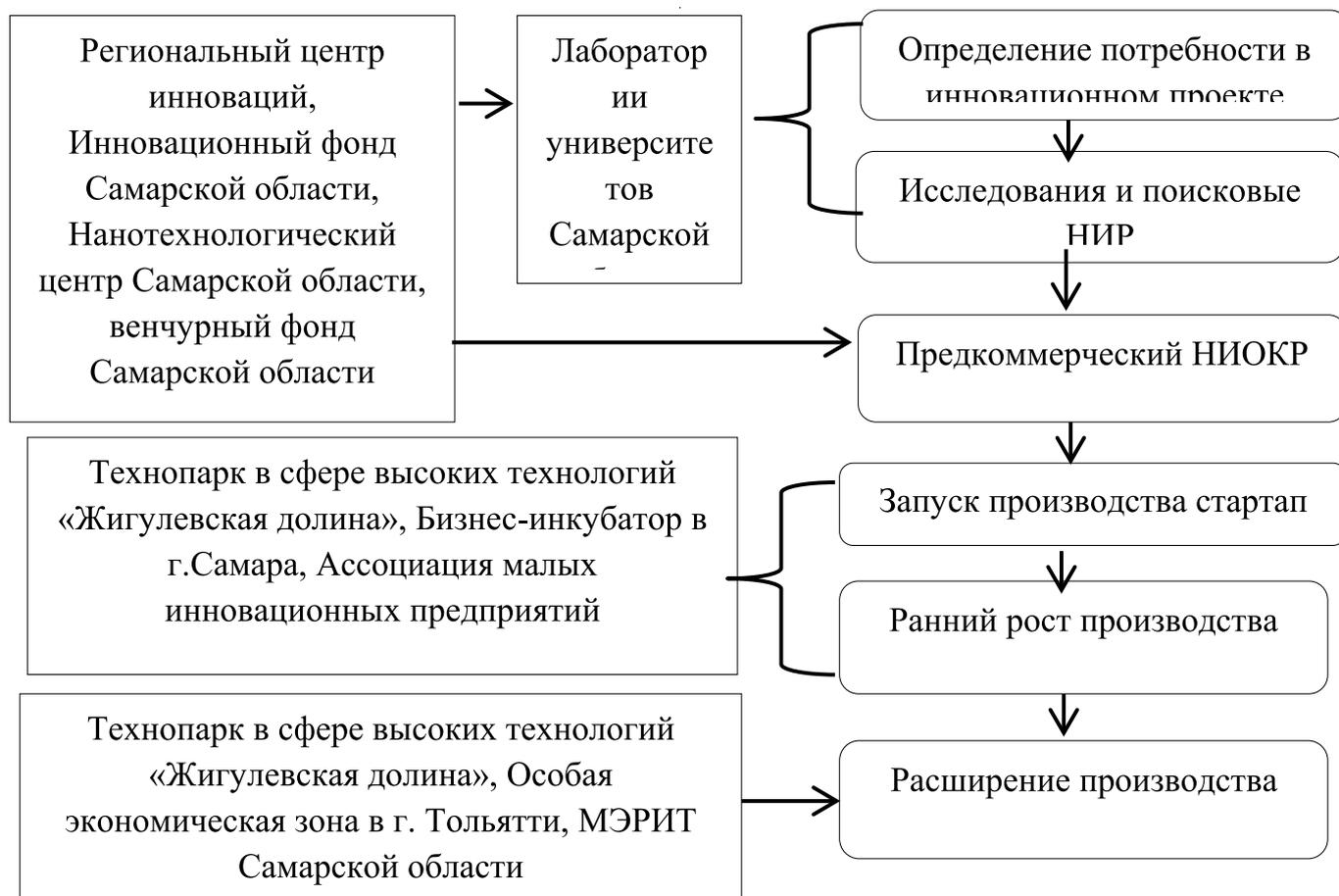


Рис. 1. Модель инновационной деятельности с объектами инновационной системы Самарской области.

них общие руководящие принципы, связанные с обсуждением соответствующей сложности модели, структуры модели и отношений между несколькими возможными моделями для одной и той же системы. Отношения между моделями и вопрос эквивалентности модели особенно важен в технике управления, потому что существует множество различных видов описания одной и той же системы, которые часто используются параллельно, например: на линейных моделях пространства состояний и моделях передаточных функций или на линейных моделях, полученных специальным типом линеаризации или на (линейных или нелинейных) моделях пространства состояний различного порядка или различной сложности и т.д.

На данный момент имитационное моделирование является наиболее удобным и практичным способом анализа и прогнозирования сложной социально-экономической системы, которой, в частности, является инновационная инфраструктура Самарской области.

При разработке системы управления необходимо придерживаться следующих положений: управление

инновациями неразрывно связано с управлением региональной экономикой в целом, общая система управления создается с целью дополнения отраслевой, система должна быть развивающейся, совершенствующейся, система управления должна охватывать основные направления НТП и ведущие отрасли экономики Самарской области.

#### Основная часть

Для определения методики управления региональной инновационной экосистемой необходимо построить имитационную модель данной сложной социально-экономической мультиагентной системы с целью выявления наиболее значимых взаимосвязей между ее частями [2].

При разработке системы управления необходимо придерживаться следующих положений: управление инновациями неразрывно связано с управлением хозяйственным комплексом в целом, региональная система управления создается с целью дополнения отраслевой, система должна быть развивающейся, совершенствующейся,

щейся, система управления должна охватывать основные направления НТП и ведущие отрасли хозяйства региона.

Следует отметить, что в региональную инновационную экосистему входят следующие субъекты-агенты: государство (Министерство экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области), физические лица как инициаторы проектов, компании, потребители инновационных продуктов, которые могут быть как юридические, так и физические лица, а также инновационная инфраструктура (Инновационный фонд Самарской области, Региональный центр инноваций, Технопарк в сфере высоких технологий «Жигулёвская долина», Нанотехнологический центр Самарской области и т.д.).

На рисунке 1 представлено описание инновационной системы Самарской области, ее можно описать с помощью определенного набора целевых функций, отражающих цель развития системы (увеличение доли объема инновационной продукции в валовом региональном продукте, росте инновационного производства), а также набора ограничений.

В рамках реализации мероприятий региональной политики в долгосрочном периоде для оценки влияния инновационной активности на развитие экономики региона на среднесрочную и долгосрочную перспективу планируется построить региональную имитационную модель, которая позволяет оценить эффективность инновационной активности различных управленческих решений на территории и выбрать оптимальный вариант сценарного подхода. Для описания инновационной деятельности используем следующие данные из Федеральной службы государственной статистики: внутренние затраты на научные исследования и разработки; затраты на технологические инновации; численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками; число поданных заявок на выдачу патентов; число созданных и используемых передовых производственных технологий; валовой региональный продукт.

Для объяснения механизма функционирования региональной инновационной системы и оценки влияния характеристик инновационной системы на региональное развитие необходимо построить системно-динамическую модель.

Для описания процессов инновационной системы можно использовать следующие методы: метод экспертных оценок (основывается на экспертной информации, накопленном опыте и исходит из предположения о том, что на базе мнений экспертов возможно построение образов будущего развития), модель с кривой роста (наибольшее количество работ, моделирующих инно-

вационные процессы, посвящено явлению диффузии инноваций, в которых используются S-образные кривые (логистическая, Гомпертца, модифицированная, экспоненциальная и др.) и уравнений типа Лоттки-Волтера для моделирования процессов технологического развития), кривая Гомпертца (кривая роста:  $F(t) = L \cdot e^{[-be](-kt)}$ ), где  $L$  — верхний предел,  $b$ ,  $k$  — параметры модели), диффузия нововведения в отрасли (модель, в которой скорость диффузии нововведения в какой-либо отрасли зависит от некоторых объективно измеримых показателей), экстраполяция временных рядов (позволяет получить количественные оценки. Обычно используются стандартные функции — линейная, полиномиальная, степенная, экспоненциальная, логистическая, иногда — более сложные функции с гибкой структурой).

Программные средства имитационного моделирования Представленную модель можно оптимизировать с помощью наиболее известных программных средств имитационного моделирования, таких как AnyLogic, Business studio, Bizagi Process modeler.

#### Программная среда моделирования AnyLogic.

Уникальность, гибкость и мощность языка моделирования, предоставляемого AnyLogic, позволяет учесть любой аспект моделируемой системы с любым уровнем детализации. Графический интерфейс AnyLogic, инструменты и библиотеки позволяют быстро создавать модели для широкого спектра задач от моделирования производства, логистики, бизнес-процессов до стратегических моделей развития компании и рынков.

AnyLogic — единственный инструмент имитационного моделирования (ИМ), который поддерживает все подходы к созданию имитационных моделей: процессно-ориентированный (дискретно-событийный), системно-динамический и агентный, а также любую их комбинацию.

Системная динамика, заменяя индивидуальные объекты их агрегатами, предполагает наивысший уровень абстракции. Дискретно-событийное моделирование работает в низком и среднем диапазоне. Агентное моделирование может использоваться практически на любом уровне и в любых масштабах. Следует отметить, что дискретно-событийное и агентное моделирование относятся к дискретным моделям, а системная динамика к непрерывным. Агенты могут представлять проекты в физическом пространстве, предприятия и их клиенты на среднем уровне, или же конкурирующие компании на высоком уровне.

Для моделирования бизнес-процессов в AnyLogic можно использовать любой из подходов имитационного

Таблица 1. Сравнение систем моделирования бизнес-процессов

Программное обеспечение	Методики и технологии	Требования к исполнителю	Отличительные особенности
Anylogic	Дискретно-событийное, агентное моделирование, системная динамика	Теоритические знания в области теории моделирования, знание языка программирования Java, знание принципов объектно-ориентированного программирования	Построение модели из любой предметной отрасли, построение модели с различным уровнем абстракции (использование различных подходов), 3D-визуализация процесса моделирования, постановка различных экспериментов над моделью.
Business Studio	Моделирование бизнес-процессов, функционально-стоимостной анализ, поддержка СМ.К	Работа в Microsoft Office Visio, поддержка стандартов IDEFO, поддержка графической среды	Разработка стратегических карт, разработка модели организационной структуры, формирование регламентирующих документов, поддержка создания системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ISO.
Bizagi Process Modeler	Диаграмма потока, функциональная блок-схема потока, диаграмма Ганта, управление	Работа в графической среде, понимание методологии моделирования бизнес-процессов, работа в Microsoft Office.	Интеграция бизнес-процессов, управление ими, реинжиниринг бизнес-процессов, модели бизнес-процессов в нотации.

моделирования. Рассмотрим, как протекает бизнес-процесс на примере системы массового обслуживания в дискретно-событийном моделировании.

Построение модели системы массового обслуживания выполняется с помощью элементов библиотеки Enterprise Library. Для построения СМО используются элементы: Source — источник заявок, Queue — очередь ожидающих обслуживания заявок, Delay — элемент моделирующий узел обслуживания, Sink — элемент, принимающий отработанные заявки.

### Программная среда бизнес моделирования Business studio

Система бизнес моделирования Business Studio разработана специально для создания бизнес-архитектуры. Помимо этого, она обеспечивает решение смежных задач, необходимых для обеспечения непрерывного развития компании. Таким образом, Business Studio поддерживает полный цикл создания эффективной системы управления компанией — «Проектирование — Внедрение — Контроль — Анализ», где проектирование включает в себя разработку или внесение изменений в бизнес-архитектуру, внедрение — непосредственно изменение процессов компании, контроль — фиксирование результатов текущей деятельности организации, анализ позволяет рассмотреть отклонения и предложения сотрудников с целью выработки идей о совершенствовании бизнес-архитектуры.

В функциональные возможности имитационного моделирования и функционально стоимостного анализа в Business studio входит: определение стоимости про-

дуктов бизнес-процессов, оценки эффективности бизнес-процессов, расчет необходимого количества персонала, поиск узких мест.

Комплексная модель в business studio содержит следующие элементы: стратегия (Система целей и показателей их достижения), модель бизнес-процессов и их KPI, организационная структура, ресурсы и документы, информационные системы.

Кроме того, в отличие от AnyLogic у Business studio нет собственной графической среды моделирования, в ней используется пакет Microsoft Office Visio.

### Программная среда моделирования бизнес процессов Bizagi Process modeler

Bizagi Process Modeler — это программная среда, специализирующаяся на разработке диаграмм или цепей бизнес-процессов.

Программный продукт Bizagi позволяет строить модели бизнес деятельности, выполнять и совершенствовать бизнес-процессы, используя графическую среду, без необходимости программирования.

Имитационное моделирование в Bizagi Process Modeler осуществляется с помощью диаграмм с небольшим числом графических элементов. Это помогает пользователям быстро понимать логику процесса. Выделяют четыре основные категории элементов: объекты потока управления: события, действия и логические операторы; соединяющие объекты: поток управления, поток сооб-

щений и ассоциации; роли: пулы и дорожки; артефакты: данные, группы и текстовые аннотации.

Элементы этих четырёх категорий позволяют строить простейшие диаграммы бизнес-процессов, что является очень удобным даже для начинающих пользователей.

Для повышения выразительности модели спецификация разрешает создавать новые типы объектов потока управления и артефактов.

### Сравнение систем моделирования бизнес-процессов

По результатам исследования следует вывод, что для бизнес моделирования лучше остальных подходит программная среда AnyLogic.

В таблице 1 представлена краткая информация по характеристикам программных сред.

### Заключение

Рассмотрев перечисленные выше среды моделирования для построения имитационной модели инновационной системы Самарской области необходимо выделить AnyLogic ввиду следующих ключевых преимуществ, принципиально отличающие ее от других средств имитационного моделирования.

1. Простота, удобство и высокая скорость освоения специалистами.
2. Сильная экспериментальная база, встроенная поддержка моделирования Монте Карло и передовых форм оптимизации дает большое разнообразие подходов моделирования.
3. AnyLogic может быть легко интегрирован с текущей базой данных (например, MS SQL, Oracle), также он предоставляет доступ к данным в текстовых и Excel-файлах.
4. Официальный сайт AnyLogic, предоставляющий сотрудникам необходимую для работы информацию, и вовлекающий их в процесс улучшения компании.
5. Мощный Мастер отчетов, позволяющий формировать отчеты с использованием всех возможностей форматирования Microsoft Word и поддерживающий сложные выборки данных.
6. Использование собственного графического редактора диаграмм, ставшего стандартом в области деловой графики.
7. Объектно-ориентированная промышленная платформа, определяющая уникальные возможности системы по построению сложных фильтров и работе с большими объемами данных.
8. Возможность построения бесшовной системы управления благодаря тесной интеграции с ECM-системой DIRECTUM. Поддержка стандарта XPDЛ для экспорта схем процессов в BPM-системы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Димов Э. М., Маслов О. Н., Трошин Ю. В., Халимов Р. Р. Динамика разработки имитационной модели бизнес-процесса. // *Инфокоммуникационные технологии*. Т. 11, № 1, 2013. — С. 63–64.
2. Садовникова Н. П., Киктев А. С. Применение агентного моделирования для построения сценариев стратегического развития // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. № 13. том 4. 2012.
3. Куценко Е. И., Формирование стратегической карты инновационных процессов региональной системы // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 4 (48). С. 200–203.
4. Голубцов А. Н., Батрак В. С., Инновационная политики как инструмент социального и экономического развития [электронный ресурс] // *Управление экономическими системами*. 2012. № 11. URL: <http://uecs.ru/marketing/item/1694-2012>, (дата обращения 15.05.2016).
5. Механизм взаимообусловленности инноваций и экономического роста [электронный ресурс]. URL: <http://kapital-rus.ru/articles/article/183191/> (дата обращения 15.05.2018).
6. Безручко Б. П., Короновский А. А., Трубецков Д. И., Храмов А. Е. Путь в сенергетику: Экскурс в десяти лекциях. № 24. Изд. 3, испр. М., 2015. 304 с.
7. Федеральная служба государственной статистики [электронный ресурс]. URL: [www.gks.ru](http://www.gks.ru) (дата обращения 01.06.2018).
8. Духанов, А. В., Медведева О. Н. Имитационное моделирование сложных систем: курс лекций — Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. — 115 с.
9. К. К. Колин — Социальная информатика: 25 лет развития российской научной школы, Москва 2012, с 45.

© Брянцева Ксения Павловна ( [k\\_bryanceva@mail.ru](mailto:k_bryanceva@mail.ru) ), Моргунова Олеся Викторовна ( [Olesyadro90@gmail.com](mailto:Olesyadro90@gmail.com) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»