

УДК 332.024

**НАБИУЛЛИНА КАРИНА РАШИДОВНА**

к.э.н., доцент, доцент кафедры конструктивно-дизайнерского проектирования Казанского федерального университета, г.Казань, Россия,  
e-mail: nkr.kzn@gmail.com

DOI:10.26726/1812-7096-2021-12-76-81

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ  
ГРАДОЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ЦЕЛЯХ  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ**

**Аннотация.** В условиях динамики развития рыночной экономики одним из наиболее актуальных является вопрос обоснования принятия управленческих решений в целях устойчивого развития территории. Требуется оценить возможное влияние внешних факторов и параметры реализации инновационных решений в ходе градостроительной деятельности, исследовать социально-экономические процессы и спрогнозировать дальнейшую ситуацию, чтобы принимать в инвестиционно-строительной сфере управленческие решения. Для этого необходимо применение аппарата экономико-математического моделирования.

**Ключевые слова:** моделирование, сложные системы, градозэкономические процессы, устойчивое развитие территории, управление.

---

**NABIULLINA KARINA RASHIDOVNA**

Ph.D. in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Structural and Design Engineering of Kazan Federal University, Kazan, Russia,  
e-mail: nkr.kzn@gmail.com

**ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING IN MANAGEMENT  
URBAN AND ECONOMIC PROCESSES FOR THE PURPOSE  
OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE TERRITORY**

**Abstract.** In the context of the dynamics of the development of a market economy, one of the most urgent issues is the justification of managerial decision-making for the sustainable development of the territory. It is necessary to assess the possible influence of external factors and the parameters of the implementation of innovative solutions in the course of urban development, to investigate socio-economic processes and predict the future situation in order to make management decisions in the investment and construction sector. To do this, it is necessary to use the apparatus of economic and mathematical modeling.

**Keywords:** modeling, complex systems, urban economic processes, sustainable development of the territory, management.

---

**Введение.** Естественная эволюция науки и анализирование накопленного опыта на макро- и микроуровне послужили формированию методологии исследований проблем в социально-экономической сфере. Современная методология, опираясь на системный подход, содержит метод математического моделирования. Разной степени сложности математические динамические модели применяются для количественного описания развивающейся сложной системы, как результата смены парадигмы, в качестве которой на сегодняшний день рассматривается экономика. Применение экономико-математического моделирования, в процессе исследования социально-экономической деятельности, позволяет оценить возможное воздействия ряда факторов и параметры реализации инновационной деятельности, а также осуществлять про-

гнозирование для принятия эффективных управленческих решений.

### **Роль математических моделей в управлении инновационно-экономическими процессами**

Проанализировав литературные источники из области экономико-математического моделирования и эконометрики, можно сделать вывод, что какая-либо единая общая классификация моделей на сегодняшний день отсутствует. Модель – упрощенное изображение – условный образ реального процесса или объекта, создаваемого для углублённого изучения действительности. Эффективное управление возможно при прогнозировании тенденций развития процессов и систем и их адекватной оценке, для чего в модели воспроизводятся их наиболее важные свойства, компоненты и связи.

Чаще всего в области исследований в сфере экономики применяются следующие виды моделей:

- графическая: график, схема или рисунок, иллюстрирующие зависимость параметров моделируемых процессов, например, кривую спроса;
- информационная: в основе лежит информация о моделируемом объекте, в ходе экспериментов в модель вводят управляющую информацию;
- математическая: процесс демонстрируется как неравенство, уравнение, то есть какой-либо вид математической зависимости его параметров.

Процесс моделирования состоит из двух этапов:

- построение или создание модели;
- исследование модели.

Основные аспекты в ходе процесса моделирования с точки зрения исследования:

- процесс идентифицируется по заданным точкам модели, определяется её явное описание;
- по явному описанию зависимостей между переменными и параметрами процесса, то есть модели, определяются её динамические свойства или неочевидные факторы;
- определяются такие параметры процесса, которые отвечают оптимальным значениям ряда функций, то есть, происходит оптимизация.

Моделирование – элемент управления деятельности или процесса, а не только способ их изучения, так как по сути позволяет ответить на вопрос возможно ли при определённых параметрах процесса получить эффективный результат. Прогнозирование реальности в том числе определяет иерархичность таких функций. Экономико-математическое моделирование – «процесс установления соответствия данному реальному экономическому объекту или процессу некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее устанавливать её свойства, характеризующие, в конечном счете, свойства моделируемого объекта». В аналитическом моделировании системные процессы и связи имеют вид математических соотношений, которые определяются путём выявления параметров, имеющих особое значение по мнению исследователей. Множество вариантов управленческих решений и критериев процессов в экономике заметно усложняют экономико-математическое моделирование. Для экономических процессов характерны изменения в динамике и высокая неопределённость, что необходимо также учитывать в качестве особых условий при создании моделей. Однако, несмотря на многоплановость условий, порождающих неопределённость реализации экономических процессов, управленческие решения принимать необходимо. Чтобы снизить риски возникновения нежелательных последствий важно спрогнозировать последствия принимаемых решений и дальнейшее развитие ситуации. В ходе экономического прогнозирования, как правило, исходят либо из того, что на весь период прогноза сохраняются текущие и прошлые зависимости, действующие факторы и основные тенденции, либо из учёта и предопределения вектора изменений в перспективе рассматриваемого периода. В последнем случае экономические процессы должны обладать определённой инерционностью, а их развитие должно представляться как определённая траектория. Таким образом очевидна высокая значимость прогнозирования в управлении инновационно-экономической деятельностью, а также учёта при выборе, сравнении и управлении инновационно-инвестиционных проектов политических, социальных, экономических и технологических факторов, а также состояния и темпов развития научно-технического про-

гресса. Чтобы определить зависимости, используемые при прогнозировании, исходят, как правило, из заданного временного ряда. Построение вероятной стратегической модели и её верификация (экспериментальная проверка), а также составление прогноза обычно основаны на двух типах информации:

- исходных данных статистики, которые характеризуют результаты работы анализируемой системы;
- информации о сущности системы или процесса, которые анализируют.

Автором в рамках настоящего исследования обосновывается выбор типа модели и определяются основные этапы экономико-математического моделирования в инвестиционно-строительной сфере.

### **Определение цели моделирования**

В качестве предмета моделирования выступает градостроительная деятельность и процессы, составляющие её, в сфере строительства и инвестиций. Конечной целью является получение достаточной информации, которая позволит в условиях рыночной современной экономики и ограничений экономических процессов принимать эффективные решения в целях устойчивого развития территории.

### **Выбор аппарата моделирования и типа модели**

На сегодняшний день в различных сферах существует множество вариантов применения моделей и методик математических прикладных исследований. Поскольку какого-либо единого общего алгоритма для моделирования не существует, поэтому исследователи используют достаточно широкий спектр в своей работе. С целью повысить эффективность управления в инновационно-строительной сфере, автором предлагается применять в исследованиях аппарат математического, прогнозного и информационного моделирования. Информационная схема или модель подразумевает «некоторое целенаправленное формализованное отображение существующей системы экономической информации с дополнением определенных элементов, характеризующих систему управления и управляемый объект». Внедрение инноваций в производство представляет собой частный случай экономической деятельности. Представление об экономико-математической модели в области инноваций, как о «комплексе взаимосвязанных элементов», то есть её системное описание, является базой данной модели в инвестиционно-строительной сфере. В ходе анализа внутренней структуры деятельности в области инноваций, выстраиваются так называемые «кортежные» отношения на основе выделения ряда параметров, свойств и типичных признаков. Состав этих отношений, в зависимости от аспектов и целей моделирование, может изменяться.

При определённых граничных условиях, оптимизационная модель демонстрирует максимальные значения функций, описание инновационной деятельности демонстрируется множеством заданных имеющихся ресурсов и допускаемых действий всех участников процесса. В инновационно-строительной сфере, определяя модель управления, такой подход может быть использован в качестве базового для моделирования сложных систем потенциально бесконечного семейства частных кортежей, элементами которого служат выделенные классы К. Боулдинга [1], то есть для системного метакортежа.

Классы Боулдинга отражают глубину изучаемой системы на каждом уровне, с характерными свойствами, присущими только ему. При этом данные уровни могут быть неизменны вне зависимости от условий, целей и аспектов моделирования, то есть инвариантны:

- простая структура: межэлементные связи, состав элементов;
- простой механизм: реализация, функционирование;
- открытая или замкнутая динамические системы: взаимодействие со средой, изменения во времени;
- управляемая система: целеустремлённость;
- кибернетическая система: самоуправление, множество целей;
- организация: коллективный труд.

Моделируемые процессы, системы или объекты предельной сложности на любом из уровней могут быть описаны достаточно корректно. Основываясь на данном подходе в ин-

вестиционно-строительной сфере описание инновационной деятельности возможно в форме открытого кортежа ее основных свойств и признаков, которые определяются, исходя из реализации инновационных процессов: {Элементы: {...}, структура: {...}, функции: {...}, динамические свойства: {...}, взаимодействие с внешней средой: {...}, управление: {...}, эволюция: {...}, ....., цель исследования: {...}}. Таким кортежем может быть описано каждое свойство, он открыт для более глубокого рассмотрения в соответствии со степенью детализации модели [2].

Эконометрическая прогнозная модель представляется как система регрессионных уравнений, в которых отражена зависимость эндогенных переменных от экзогенных. Выражается эта система через длительную тенденцию – тренд основных показателей экономической системы, которую моделируют. Базируясь на методе наименьших квадратов, при условии критерия достоверности модели, ведется поиск зависимости. Прогнозные модели – это не единственно возможный способ описать инновационный процесс в ходе исследования. Статистически-информационная база, используемая для составления прогноза, как правило, ограничена. На результат прогнозирования могут оказать влияние случайные значения вариационных рядов, а также форс-мажор в экономике или политике страны и отдельно взятых регионов, что может существенно изменить тенденцию прогнозируемого развития градостроительной деятельности. Исходя из того, что экономическая ситуация в настоящее время достаточно нестабильна, автор предполагает использование лишь кратковременных прогнозов, так как только они могут обеспечить относительную точность при исследовании и анализе инновационной деятельности. При выборе того или иного управленческого решения прогнозная модель может использоваться только в качестве дополнения к модели экономико-математической.

### **Выбор параметров, их связей и ограничений, для описания реализации градоэкономических процессов**

В связи с многоплановостью инновационной деятельности происходит агрегирование (сжатие) информации в зависимости от целей моделирования, а также определяются наиболее значимые существенные параметры для её реализации.

Параметрические связи инновационной деятельности между переменными определяются, учитывая значимые закономерности, всю имеющуюся информацию и внешние факторы.

Исходя из изначально заданных условий реализации инновационного процесса, определяются ограничения, которые налагаются на его параметры. Графики, диаграммы или схемы наглядно отображают текущее состояние в определённый момент времени, чтобы можно было выбрать конкурентоспособные организации или проанализировать ситуацию в соотношении с предыдущими периодами. С помощью современных автоматизированных информационных систем можно строить диаграммы разных типов. Чаще всего в отчётах, которые предоставляются в статистических сборниках РТ по результатам экономической деятельности, используют «лепестковые» диаграммы, так как они способны продемонстрировать многие параметры процесса в одной схеме в сопоставимых единицах. Автором предлагается использовать для наглядности такой тип диаграмм. Информационный профиль, в котором будет описана совокупность специфических характеристик инновационной деятельности в инвестиционно-строительной сфере на мезо- и микроуровнях.

Особенности формализации моделируемого объекта и представление о нём во многом определяет выбранный тип модели. Решаются обратная и прямая задачи моделирования. Их решение связано с проверкой адекватности модели процессу или объекту и её устойчивости, а также с уточнением связей и параметров. Если возникает необходимость, то в процессе моделирования осуществляется возврат на предыдущие этапы.

Устойчивость модели управления инвестиционной деятельностью в данном случае отражает:

- при условии соблюдения типов ограничений в определённом интервале параметров модели, сохраняются модельные связи;
- траектории управления градостроительной деятельностью, то есть устойчивость результатов моделирования, относительно ресурсов процесса, то есть изменения начальных

## Практическая реализация модели и/или внедрение результатов моделирования инновационной деятельности



Рис. Схема моделирования инновационной деятельности.  
Основные этапы, взаимосвязи и элементы [2]

**Заключение.** На рисунке в виде схемы представлены этапы моделирования градостроительной деятельностью в инвестиционно-строительной сфере. Модель разрабатывается и внедряется в процесс управления инновационной деятельностью. Руководство инновационного процесса выбирает способ внедрения. Различные варианты модели и полученных результатов помогают принимать управленческие решения, осуществлять мониторинг реализации инновационного процесса, определять состав ресурсов для него, разработать систему автоматизированного управления и управлять качеством конечного продукта.

Необходимо при этом учитывать, что управление градэкономическими процессами представляет собой динамическую систему-т.е. ее сложность определяется не только, и даже не столько количеством элементов системы, сколько особенностью разнообразных отношений между элементами.[2] Это значит, что при появлении в системе управления "одного нового элемента", число возможных связей растет экспоненциально, а значит появится множество дополнительных связей.

Устойчивость, стабильность системы необходимо использовать моделирование процесса взаимосвязей между ее элементами. Именно моделирование ранжирования значимости элементов системы и связей между ними позволит повысить эффективность дееспособности системы.

Моделирование позволяет в условиях неопределённости экономики и высокой степени неустойчивости осуществлять прогнозирование и расчёт характеристик для возможных послед-

#### *Литература*

1. Боулдинг К. *Общая теория систем - скелет науки* // *Исследования по общей теории систем*. – М.: Наука, 2008.
2. Набиуллина К.Р. *Моделирование инновационной деятельности в инвестиционно-строительной сфере*. – // *Управление экономическими системами* 2019 № 10.
3. О.Коннор Д., Макдермотт И. *Искусство системного мышления*. М., Альпина Паблишер, 2016 г.-256 ст.
4. Савиных, В.Н. *Математическое моделирование производственного и финансового менеджмента* / В.Н. Савиных. - М.: KnoРус, 2018. - 256 с.
5. Светуных, С.Г. *Производственные функции комплексных переменных: Экономико-математическое моделирование производственной динамики* / С.Г. Светуных, И.С. Светуных. - М.: Ленанд, 2019. - 170 с.
6. Яглом, И.М. *Математические структуры и математическое моделирование* / И.М. Яглом. - М.: Ленанд, 2018. - 144 с.
7. *Baumane V. Evaluation of Indication of Cadastral Assessment//4th International Conference Civil Engineering. Proceedings: Part I "Land Management and Geodesy", Jelgava, 2013. pp 299-304.*
8. *Gasanova N.M., Balamirzoev N.L. Strategic planning of construction enterprises during innovative transformations//Modern European researches& 2016. № 5 p.23-25.*

#### **References:**

1. Boulding K. *Obshchaya teoriya sistem - skelet nauki* // *Issledovaniya po obshchej teorii sistem*. – М.: Nauka, 2008.
2. Nabiullina K.R. *Modelirovanie innovacionnoj deyatel'nosti v investicionno-stroitel'noj sfere*. – // *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami* 2019 № 10.
3. O.Konnor D., Makdermott I. *Iskusstvo sistemnogo myshleniya*. М., Al'pina Pablisher, 2016 g.-256 st.
4. Savinyh, V.N. *Matematicheskoe modelirovanie proizvodstvennogo i finansovogo menedzhmenta* / V.N. Savinyh. - М.: KnoРус, 2018. - 256 с.
5. Svetun'kov, S.G. *Proizvodstvennyye funktsii kompleksnyh peremennyh: Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie proizvodstvennoj dinamiki* / S.G. Svetun'kov, I.S. Svetun'kov. - М.: Lenand, 2019. - 170 с.
6. YAgglom, I.M. *Matematicheskie struktury i matematicheskoe modelirovanie* / I.M. YAgglom. - М.: Lenand, 2018. - 144 с.
7. *Baumane V. Evaluation of Indication of Cadastral Assessment//4th International Conference Civil Engineering. Proceedings: Part I "Land Management and Geodesy", Jelgava, 2013. pp 299-304.*
8. *Gasanova N.M., Balamirzoev N.L. Strategic planning of construction enterprises during innovative transformations//Modern European researches& 2016. № 5 p.23-25.*