

# Экономико-математическое моделирование как актуальный инструмент управления

Е. А. Евстафьева

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University  
ea-staf@mail.ru

**Аннотация.** Взаимосвязи между математикой и экономикой, на первый взгляд, не существует. Однако стремительно развивающиеся цифровые технологии предопределили новый взгляд на роль математических методов в анализе экономических процессов, объектов и явлений. Учеными ещё в XVII веке отмечались лишь некоторые предпосылки синтеза данных наук, но именно в XXI веке начало происходить бурное проникновение математических методов в самые различные науки, в том числе и в экономику.

**Ключевые слова:** экономика; математика; логика процесса; система; анализ; модель; алгоритм

Трудности изучения экономических процессов при помощи способов математической экономики в современных условиях приобретают особую значимость. С целью результативного рассмотрения и моделирования финансовых процессов акцентируется внимание на важнейшем факторе – использовании специальных точных математических и информационно-аналитических средств, которые обеспечивают вероятность решения обширной области взаимосвязанных вопросов исследования и моделирования финансовой обстановки.

Информатизация и активное использование математических возможностей стало одним из приоритетных направлений модернизации российской экономической системы в целом, направленных на разработку методологии, методических систем, технологий, методов и организационных форм процессов и систем, на совершенствование механизмов управления ими в современном информационном обществе.

## I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

На сегодняшний день каждое предприятие или организация независимо от рода деятельности для производства товаров или оказания услуг затрачивает ресурсы. В условиях современной экономики каждый стремится увеличить получаемую прибыль, но сделать это непросто. Знание затрат на производство или транспортировку позволяет регулировать эти процессы. На предприятии образуются расходы, уровень каких определяет конкурентоспособность на рынке и способность получать прибыль, а в современных условиях получение прибыли определяется как одна из важных целей деятельности предприятия. В связи с чем управление затратами предприятия приобретает особую актуальность.

Смысл предпринимательской деятельности – получение прибыли. Для повышения прибыльности предприятия необходимо оптимизировать ее деятельность. Обобщённо, под оптимизацией понимают процесс получения максимально возможного результата при минимальных затратах на его достижение. Оптимизация в производстве является непрерывным процессом, обусловленным конкуренцией. А, как известно, в конкурентной борьбе выигрывает тот, у кого при одинаковой по рынку цене на продукт самые низкие потери и себестоимости.

Для изучения экономики и решения экономических задач существует объединённый комплекс экономических и математических дисциплин под названием экономико-математические методы (ЭММ). Данные методы в процессе их использования позволяют построить экономико-математическую модель. Такие модели показывают влияние факторов на экономику какой-либо организации. Для решения задач оптимального планирования наиболее активно и успешно применяется линейное программирование. Математические методы в экономике считаются значимым инструментом проведения системного анализа. Их применяют в концепции построения моделей теоретического характера, какие дают возможность показать существующие взаимосвязи в повседневной жизни. Кроме того, при поддержке данных способов довольно конкретно дается прогноз действиям субъектов хозяйствования и оценивается динамика финансовых характеристик в государстве.

Такое определение как экономико-математическая модель (ЭММ) по своей сути математически описывает финансовый объект, процесс, систему для того, чтобы их исследовать и управлять ими. Иными словами, осуществляется математическая запись (на языке цифр) для решения заданной финансовой задачи.

Основными типами моделей в настоящее время выступают: экстраполяционные модели; факторные эконометрические модели; оптимизационные модели; балансовые модели, модель межотраслевого баланса (МОБ); экспертные оценки; теория игр; сетевые модели; модели систем массового обслуживания.

Способ имитационного моделирования считается методом исследования реальной системы путем построения ее компьютерного прообраза, экспериментального характера, сочетающий в себе экспериментальный подход и характерные черты

применения вычислительной техники. Имитационное моделирование выступает как машинный метод моделирования, то есть не существующий без электронно-вычислительных машин в принципе, и только развитие информационных технологий привело к становлению этого вида компьютерного моделирования. Любая электроника с доступом в Интернет, выпускаемая сегодня и планируемая к выпуску завтра – настольные ПК, ноутбуки, интернет-планшеты и коммуникаторы, смартфоны и навигаторы, большинство телефонов обязательно обладает ключевой функцией, необходимой для работы с облачными вычислениями и имитационным моделированием. Имитационные модели способствуют решению и прогнозированию реальных производственных задач в экономике.

Таким образом, в данной трактовке выделяется интерес к экспериментальной природе имитации, осуществляется экспериментирование с моделью, то есть ключевую роль играет не только проведение, но и планирование эксперимента на модели.

Основные элементы имитационного моделирования:

- реальная система;
- логико-математическая модель моделируемого объекта;
- имитационная (машинная) модель;
- ЭВМ, на которой осуществляется имитация – направленный вычислительный эксперимент

Исследователь изучает реальную систему, разрабатывает логико-математическую модель реальной системы. Имитационный характер изучения обеспечивают логико- или логико-математические модели, которые описывают исследуемый процесс (систему). Программная реализация моделирующего алгоритма выступает в виде имитационной модели. Она составляется с применением средств автоматизации моделирования. Далее ставится и осуществляется направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели, в результате которого собирается и обрабатывается информация, необходимая для принятия решений с целью воздействия на реальную систему.

Таким образом, рассмотрена основная сущность математических и имитационных методов исследования экономических процессов и систем.

## II. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

Теория систем массового обслуживания – область прикладной математики, занимающаяся анализом процессов в системах производства, обслуживания, управления, в которых однородные события повторяются многократно, например, на предприятиях бытового обслуживания; в системах приема, переработки и передачи информации; автоматических линиях производства и др. Как своеобразные системы массового обслуживания могут рассматриваться: информационно-вычислительные сети,

операционные системы электронных вычислительных машин, системы сбора и обработки информации, автоматизированные производственные цехи, поточные линии, транспортные системы.

Предметом исследования теории массового обслуживания являются вероятностные модели физических систем обслуживания, в которых случайные и не случайные моменты времени возникают заявки на обслуживание и имеются устройства на обработку данных заявок.

Средства, обслуживающие требования (заявки), называются обслуживающими устройствами или каналами обслуживания. Роль каналов обслуживания играют кассиры, специалисты, каналы телефонной связи, товароведы, компьютеры, мастера-ремонтники, погрузочно-разгрузочные точки на базах и складах и так далее.

Основными элементами СМО являются:

- входной поток заявок;
- очередь;
- каналы обслуживания;
- выходной поток заявок (обслуженные заявки).

Основными элементами СМО являются источники заявок, их входящий поток, каналы обслуживания и исходящий поток.

Это можно изобразить так: входящий поток → очередь → каналы обслуживания → исходящий поток.

Эффективность функционирования СМО определяется ее пропускной способностью – относительным числом обслуженных заявок.

Для системы обслуживания с одним прибором наиболее известными являются варианты дисциплин:

- первый пришел – первый обслуживается (в произвольном порядке) обслуживаются вызовы, пришедшие в момент времени  $n=1$ , затем вызовы, пришедшие в момент  $n=2$ , и т.д.);
- приоритетная (наиболее важный вызов обслуживается первым).

Вызовы первого типа имеют приоритет перед вызовами второго типа. Это означает, что вызовы разных типов образуют две разные очереди, и в каждый момент, когда сервер заканчивает обслуживание какого-то вызова, на обслуживание направляется вызов первого типа (первый вызов из первой очереди), и только если первая очередь пуста, то разрешается обслуживание вызову второго типа.

Задачи теории массового обслуживания – это нахождение вероятностей различных состояний СМО, а также установление зависимости между заданными параметрами (числом каналов  $n$ , интенсивностью потока заявок  $\lambda$ , распределением времени обслуживания и т. д.) и характеристиками эффективности работы СМО. В качестве характеристик эффективности обслуживания, в зависимости от условий задачи и целей исследования, могут применяться различные численные показатели системы и функции:

- среднее число заявок  $A$ , обслуживаемых СМО в единицу времени, или абсолютная пропускная способность СМО;
- вероятность обслуживания заявки  $Q$  или относительная пропускная способность  $СМОQ = A/\lambda$ ;
- вероятность отказа  $P_{отк}$ , т.е. вероятность того, что поступившая заявка не будет обслужена и получит отказ  $P_{отк} = 1 - Q$ ;
- среднее число заявок в СМО (обслуживаемых или ожидающих в очереди)  $\bar{z}$ ;
- среднее число заявок в очереди  $\bar{r}$ ;
- среднее время пребывания заявки в СМО (в очереди или под обслуживанием)  $\bar{t}_{сист}$ ;
- среднее время пребывания заявки в очереди  $\bar{t}_{оч}$ ;
- среднее число занятых каналов  $\bar{k}$ .

В общем случае все эти характеристики зависят от времени. Но многие СМО работают в неизменных условиях достаточно долгое время, и поэтому для них успевает установиться режим, близкий к стационарному.

Практическая значимость СМО направлена на реализацию нескольких задач: изучение действующей функциональной системы; анализ гипотетической функциональной системы; проектирование более совершенной функциональной системы.

Примерный перечень задач, которые решаются методами исследования операций: задачи оптимального распределения ресурсов; задачи оптимальной загрузки взаимозаменяемого оборудования; задачи выбора маршрута; задачи распределения и назначения; задачи управления запасами; задачи массового обслуживания; задачи теории игр. Таким образом, при грамотном подходе и глубоких знаниях теории очередей, можно задать такие параметры функционирования системы, которые сведут затраты на содержание СМО к минимуму.

Целью любого предпринимателя является получение прибыли. Но чтобы её получить, необходим план действий. Производственная программа является одним из таких планов, она отражает основные направления, и задачи развития на определённый период времени. Обычно производственная программа включает в себя планы по производству, выпуску и реализации продукции. При формировании плана необходимо учитывать возможности предприятия. Для моделирования оптимальной производственной программы первым делом следует проанализировать существующую программу. Основной задачей моделирования является увеличения прибыли.

Другой современный метод – это социотехнический анализ настраивается во всех его элементах, и это позволяет изменять с течением времени. Настраиваемой, мы имеем в виду, что определенные элементы в социотехническом анализе могут меняться с течением времени, и что даже среди тех элементов конфигурации одного элемента может измениться. Например, особое сочетание аппаратного и программного обеспечения в вычислительной лаборатории начальной школы может

измениться по мере того, как школа получает доступ к Интернету, или по мере того, как больше учителей начинают использовать лабораторию для своих классов. Но это изменение может быть отражено в изменениях в процедуре, например, кому-то может понадобиться взять на себя роль цензора в утверждении или опровержении сайтов и данных загруженное программное обеспечение, музыка, и т.д., на машинах жестких дисков.

Как видно из приведенного выше примера, переход от автономной компьютерной лаборатории к лаборатории, подключенной к интернету, может привести к скоординированным изменениям в социально-технической системе. Эта скоординированная серия изменений в социотехнических системах называется траекторией. Эти изменения могут происходить на уровне самой социотехнической системы, как в примере интернета, или на уровне отдельных частей системы. Например, другая, но перекрывающаяся социально-техническая система поддерживает быструю эволюцию микрокомпьютеров и их регулярное устаревание. Начальные школы, которые не поспевают за этой траекторией аппаратного обеспечения в своей системе, быстро окажутся в беде.

Каждый раз, решая задачу, мы проходим стандартный алгоритм: сначала переводим поставленное нам задание на математический язык, затем на язык численных методов и алгоритмов, и только после этого на конкретный язык программирования. Для создания хороших и эффективных программ требуется иметь знания и обладать практическими методами в области математической логики. Математическая логика предназначена для выявления функциональных связей, т.е. выявление прямых и обратных связей между переменными величинами. Для математики нет никакой разницы, существуют ли между этими связями какие-либо закономерности или нет. Например, на основе проведенных измерений известны циклы экономической активности продолжительностью в 10-12 лет; известно также, что солнечная активность усиливается каждые 12 лет (в год Змеи); но пока так и не удалось обнаружить какие-либо взаимосвязи в этих явлениях, поэтому эта взаимосвязь пока остается лишь математически повторяющимся фактом.

Из методов, средств математики экономическая наука особенно широко использует: метод системных исследований; экономико-математическое моделирование; метод линейного программирования; графические методы экономического анализа.

В методах графического анализа в экономике наиболее популярна, особенно в обучении, система декартовых координат. Также популярен метод сравнительной статистики, который особенно применим на западе. Данный метод осуществляет сравнение текущего состояния явления с предыдущим, не принимая во внимание как именно и благодаря чему оно пришло в это состояние, а также не производить точный учет количественных изменений. Цель использования данного метода заключается только в необходимости обнаружить общее изменение переменных, когда проходит некоторое нарушение равновесия.

Математическая логика применяется в самых необъятных областях. Все больше увеличивается

проникновение идей и методов математической логики в информатику, вычислительную математику, лингвистику, философию. Появление ЭВМ стало мощным стимулом для развития математической логики, и за счет того, что теперь все вычисления производить стало гораздо быстрее, а главное точнее, то она стала еще более популярной. Методы и понятия математической логики стали основой, ядром интеллектуальных информационных систем и толчком для их дальнейшего развития. Базовыми понятиями математической логики являются высказывания, предикат, логические функции, логический базис, логические законы. Высказывание – повествовательное предложение, которое характеризуется определенным значением истинности. Высказывание может иметь значения истинности: «истинно» – «ложно», «да» – «нет», «1» – «0». Если используется переменная, которая может иметь только два значения истинности, то мы говорим, что это Булева алгебра. Предикат – это выражение, которое в грамматическом смысле имеет форму высказывания, но содержит переменные некоторых подмножеств.

Логический базис – это полная система логических функций. Огромную роль в развитии алгоритмизации и программирования сыграли именно логические представления. Их используют при исследовании новых структур систем разной природы, в которых не настолько известен характер взаимодействия между элементами, чтобы возможно было их представить аналитическими методами, а статистические исследования затруднены и не дают результатов. В современном обществе общественную жизнь, любое общественное явление, политические институты, экономику государства или ее отдельного региона, органы государственной власти, предприятие и даже человека можно изучить и проанализировать как некую функционирующую систему. При этом такой анализ возможен благодаря использованию определенных методов, применяемых как в теории, так и на практике. Желания и стремления к улучшению жизни в обществе влекут за собой развитие приемов и способов для более детального и углубленного изучения как систем вообще, так и отдельных их элементов в частности, а также качественных и количественных характеристик систем.

Немаловажную роль при оценке той или иной системы являются такие характеристики, как безопасность и эффективность ее функционирования. Можно сказать, что в обобщенном виде безопасность системы – это защищенность системы от внутренних и внешних рисков (угроз, неблагоприятных факторов). Эффективность функционирования следует рассматривать как определяющее свойство любой целенаправленной деятельности, выражающееся степенью достижения поставленной цели с учетом всех понесенных затрат времен и ресурсов.

На данный момент оптимизация является одним из важнейших комплексом действий на предприятии для увеличения прибыли и сокращения расходов. Даже не только на предприятии, но и повседневной жизни. Например, планирование расходов на месяц, планирование семейного бюджета, планирование закупок и так далее. В дипломной работе я привёл пример важности оптимизации

на примере условного предприятия. Продукцию мало произвести, её нужно ещё и реализовать. Для этого продукцию нужно транспортировать на места оптовых продаж. Для этого нужны машины.

В настоящее время СМО занимает одно из самых первых мест из области математики в промышленной, бытовой, материальной, компьютерной и других сферах деятельности, где нужны экономические расчеты. Чем дальше мы уходим в современность, тем больше употребляются экономические расчеты, и тем больше будет использоваться СМО. Раньше СМО рассчитывали вручную, сейчас СМО можно рассчитать и на персональном компьютере, на котором будет установлена программа, которая будет делать расчеты СМО. В основном СМО предназначена для того, чтобы иметь большую выгоду предприятию, организации, компании и т.д. при минимальных затратах. При этом рассчитать, чтобы не было простоев рабочих мест, компьютеров, машин, перевозимых грузов и т.д. Наиболее эффективным из существующих в настоящее время операционных методов, выходящих за рамки обычного математического программирования, является метод имитационного моделирования на ЭВМ. При имитационном моделировании, прежде всего, строится экспериментальная модель системы. Затем производится сравнительная оценка конкретных вариантов функционирования системы путем «проигрывания» различных ситуаций на рассматриваемой модели. Метод имитационного моделирования приводит к выводу о том, что даже минимального количества кассиров, которое рассчитано математическими методами, более, чем достаточно для эффективного функционирования системы.

Компьютерное моделирование пока не может полностью отразить положение вещей и учесть все характеристики системы, и уж тем более облегчить принятие оптимального экономического решения, хотя заметно помогает в выполнении рутинных расчетов при решении задач математическими методами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Клименко И.С. Алгоритм сетевого планирования и управления на базе инновационных технологий / И.С. Клименко // В сборнике: Математические методы и модели в исследовании актуальных проблем экономики России Сборник материалов Международной научно-практической конференции. /Ответственный редактор Р.Р. Ахунов. 2016. С. 289-294.
- [2] Молчан А.С., Ануфриева А.П. Система потенциалов устойчивого развития и экономической безопасности социально-экономических систем. // Экономика устойчивого развития. 2015. №2. С. 55-63
- [3] Звягин Л.С. Системный анализ в оптимизации и принятии решений //Всероссийская научная конференция по проблемам управления в технических системах. 2017. № 1. С. 167-170.
- [4] Звягин Л.С. Инновационная деятельность как основа успешного партнерства сфер бизнеса и образования //Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона. 2017. Т. 1. С. 122-125.
- [5] Скородумов П.В. Имитационное моделирование экономических систем: программные средства и направления их совершенствования / П.В. Скородумов // Проблемы развития территории. 2015. № 2 (76). С. 62-72.