

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

JEL: С 02, М 00

УДК: 338

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

**Александр Александрович Лукин***аспирант Алтайского государственного университета, Россия, Барнаул,
A.lukin@alumni.nsu.ru*

Резюме. Мир не стоит на месте, а прогресс стимулирует развитие науки. Упорядоченное внедрение математики в экономику — это необходимость и обязательное условие эффективного воспроизводства ресурсов. Свое заслуженное начало экономико-математического моделирование получило еще в «Век просвещения» в трудах французского экономиста Франсуа Кенэ и имеет продолжение и актуальность по сегодняшний день. В современных условиях особый интерес представляет оценка возможностей и ограничений применения экономико-математических методов и моделей в управлении организацией и ее ресурсами, принятии обоснованных решений по функциональным направлениям менеджмента организации, интерпретации большого объема информации о факторах внешней и внутренней среды организации, их состоянии и динамике, оптимизации бизнес-процессов компании. Автором проведен обзор и группировка экономико-математических методов и моделей, выделены сферы применения моделей и инструменты, позволяющие актуализировать использование экономико-математических моделей в управленческой деятельности. Выделены риски адаптации экономико-математической модели к конкретной управленческой ситуации, масштабирования области применения модели с оперативного до стратегического уровня принятия решения.

Ключевые слова: экономико-математические модели, экономико-математические методы, этапы развития, управление, принятие решений

Для цитирования: Лукин А. А. Экономико-математические методы в управлении организацией // Управление современной организацией: опыт, проблемы и перспективы. 2024. № 19. С. 49–59.

ECONOMIC AND MATHEMATICAL METHODS IN ORGANIZATION MANAGEMENT

Alexander A. Lukin*Postgraduate Student at Altai State University, Russia, Barnaul, A.lukin@alumni.nsu.ru*

Resume. The world does not stand still, and progress stimulates the development of science. The orderly introduction of mathematics into the economy is a necessity and a prerequisite for the effective reproduction of resources. Economic-mathematical modeling received its well-deserved beginning back in the «Age of Enlightenment» in the works of the French economist Francois Quesnay and has continued and is relevant to this day. In modern conditions, of particular interest is the assessment of the possibilities and limitations of the use of economic and mathematical methods and models in managing an organization and its resources, making informed decisions on the functional areas of the organization's management, interpreting a large amount of information about the factors of the external and internal environment of the organization, their condition and dynamics, optimization of company business processes. The author reviewed and grouped economic-mathematical methods and models, identified areas of application of models and tools that allow updating the use of economic-

mathematical models in management activities. The risks of adapting an economic-mathematical model to a specific management situation and scaling the scope of application of the model from the operational to the strategic level of decision-making are highlighted.

Keywords: economic and mathematical models, economic and mathematical methods, stages of development, management, decision making

For citation: Lukin A. A. Economic and Mathematical Methods in Organization Management. *Upravlenie sovremennoj organizaciej: opyt, problemy i perspektivy* = *Management of the Modern Organization: Experience, Problems and Perspectives*. 2024;19: 49–59. (In Russ.).

Актуальность проблемы исследования
Экономико-математическое моделирование позволяет эффективно проанализировать возможность и целесообразность принятия управленческого решения и сделать формализованный вывод. Экономико-математические методы интерпретируют информацию об организациях и явлениях в виде количественных моделей, поэтому можно сравнить различные управленческие решения и выбрать оптимальное. Поскольку ресурсы организации имеют ограниченный объем, требующий рационального и результативного распределения, экономико-математические модели открывают для предприятия возможности предвидеть поведение или потребность покупателя и принимать управленческие маркетинговые решения эффективно.

Экономическая система будет развиваться, пока предприниматели будут стремиться развивать бизнес. Удовлетворение потребностей, повышение качества, управление затратами, поиск маркетинговых решений, позволяющих увеличивать свою общественную полезность и прибыль, — все это заставляет развивать вычислительные программы, методы анализа, принятия управленческих решений, разработки моделей оптимизации.

Конкуренция позволила не только повысить качество обращающихся на рынке товаров, но и расширила способы обработки результатов работы рынка для анализа, что увеличило массивы данных, которые необходимо обрабатывать, чтобы быстро реагировать на возникающие потребности потребителей в постоянно изменчивой среде. Успешная компания всегда ставит исследование рынка и потребительского спроса и планирование на первое место.

Экономико-математические методы требуют особой квалификации, не каждый специалист без опыта сможет разработать и успешно внедрить такую методику в организации. Однако экономико-математические методы и модели позволяют количественно оценить эффективность управленческого решения. У организаций нет лишних ресурсов на то, чтобы выявлять оптимальные объем производства, спрос,

цену методом проб и ошибок; простые экономико-математические модели открывают для предприятия возможности предвидеть поведение или потребность покупателя, различные реакции рынка — в этом и заключается актуальность настоящего исследования.

Эволюция математических методов в экономических и управленческих исследованиях

В современном мире экономика и математика является базисом социально-экономического развития. Анализируя огромный человеческий опыт ведения хозяйственной деятельности, можно констатировать, что ее результативность во многом определяется умением делать максимально точные расчеты и прогнозы, применять экономико-математические инструменты и программные продукты.

Математика в экономике предполагает не только применение числовых параметров и количественных характеристик для представления экономических и управленческих теорий и положений. С помощью математики исследуются экономические проблемы, определяются закономерности и зависимости экономических показателей, создаются самостоятельные дисциплины совместно с кибернетикой и экономикой. В целом такой комплекс инструментов и формирует основу экономико-математических методов.

Познание экономической проблематики как область научного знания зародилось еще в Древней Греции в виде *ойкономии* (ведения домашнего хозяйства) и *хрематистики* (искусство делать запасы). При этом, по мнению автора, можно выделить два направления исследований. Первое направление касалось хозяйства — анализ применяемых методов рационального управления, второе предполагало изучение экономических закономерностей. Именно эти два направления, с нашей точки зрения, легли в основу применения математики в процессе развития экономики как науки.

В статье предлагается выделять следующие этапы развития применения математики в экономике (табл. 1).

Табл. 1

Развитие экономико-математических методов и моделей

Table 1

Development of economic and mathematical methods and models

ЭТАП	ХАРАКТЕРИСТИКА
Вторая половина XVIII в. (1730–1750 гг.)	Первые экономические таблицы, с помощью которых была сделана попытка количественно описать процесс воспроизводства общественного продукта как единого целого, представил французский экономист Франсуа Кенэ (Кенэ, 1960)
Конец XVIII — начало XIX в. (1750–1800 гг.)	Адам Смит , известный шотландский философ и экономист, разработал классическую макроэкономическую модель общественного воспроизводства (Смит, 2007). Позднее английский экономист Давид Рикардо создал модель международной торговли, суть которой заключалась в том, что страны производят и экспортируют товары, конечная стоимость которых для них относительно дешевле, а импортируют те товары, стоимость которых за границей дешевле, чем внутри страны (Блауг, 1994)
Середина и вторая половина XIX в. (1800–1870 гг.)	Карл Маркс разработал модели простого и расширенного производства (простое воспроизводство — это возобновление процесса производства в неизменных масштабах; расширенное воспроизводство — благодаря производству добавленной стоимости процесс производства возобновляется в больших размерах), денежного обращения и другие (Маркс, 1973). Математическая школа начала проявляться и в политической экономии. Ф. Эджворт, О. Курко, А. Маршалл, Л. Вальрас впервые попытались применить математику в исследовании механизма функционирования рынка (в дальнейшем — «теории рыночного равновесия»). В Гарварде появилось направление современной эконометрики, которое занималось разработкой экономических моделей для прогнозирования промышленных циклов (Аннадурдыева, 2023)
Конец XIX — начало XX в. (1870–1950 гг.)	Русские ученые И. П. Кондратьев, В. И. Дмитриев, Е. Слуцкий попытались с помощью математики описать полные затраты труда на производство единицы продукции (Ливандовская, 2008). Создатели математической школы XX в. рассматривали математическое моделирование и методы совсем не как способ изложения и наглядного изображения законов и положений экономики, а именно как методы исследования в своей работе. Первые попытки применения математики в экономических исследованиях в СССР начались в 1920-е гг. (В. Леонтьев, Л. Юшков, В. Новожилов). В 1958 г. в СССР была образована лаборатория экономико-математических методов с целью внедрения математических методов в практику планирования и управления. Со временем данная цель трансформировалась в развитие методов моделирования экономики переходного периода (Гранберг, 1978). Активный процесс внедрения математики в экономику начался в 1940-е гг. с развитием повсеместного применения в предпринимательстве. Нобелевские премии: — в области теории экономического роста — экономист из Америки Роберт Мертон Солоу (сформировал основу макроэкономической модели с учетом вклада технологического параметра в общий экономический рост (модель Солоу), определил движущей силой роста в долгосрочном периоде технический прогресс, а не накопление капитала) (Солоу, 2009); — «за научную работу, развившую статическую и динамическую экономическую теорию и внесшую вклад в повышение общего уровня анализа в области экономической науки»; самый выдающийся академический экономист XX века по версии журнала New York Times — американец Пол Энтони Самуэльсон , автор учебника по экономике «Экономика: вводный анализ», основатель неокейсианства, инициатор объединения неоклассической микроэкономики и кейсианской макроэкономики в одну концепцию (Самуэльсон, 2009). С 1940-х до 1957 г. в СССР существовавшие и разрабатываемые экономико-математические методы решения экономических задач на практике почти не использовались, в конце 1950-х гг. благодаря созданной В. С. Немчиновым экономико-математической лаборатории в 1958 г. началась разработка районных межотраслевых балансов, обучение кадров (Дрогобыцкий, 2022). Джон фон Нейман (1903–1957) — венгеро-американский математик, физик, внес огромный вклад в квантовую физику, теорию множеств, функциональный анализ, экономику, информатику и другие науки. Наибольшую известность Нейману принесли работы, которые связаны с архитектурой большинства современных компьютерных систем: архитектура фон Неймана, алгебра фон Неймана, теория игр (которая известна и актуальна до сих пор), концепция клеточных автоматов (Petz, 1992)

Окончание таблицы 1

ЭТАП	ХАРАКТЕРИСТИКА
Вторая половина XX века — начало XXI в. (1950–2015 гг.).	<p>Джон Форбс Нэш-младший (1928–2015) — американский математик, внес вклад в развитие математического моделирования, получил Нобелевскую премию в области экономических наук (за фундаментальный анализ равновесия в теории некооперативных игр), Абелевскую премию в области математики. На основании работ Джона фон Неймана и Оскара Моргенштерна создал основы научного метода. Одно из важнейших открытий ученого — формула равновесия, которая стала основой понятия теории игр (Аннадурдыева, 2023).</p> <p>Роберт Ауманн (1930) и Томас Шеллинг (1921–2016). Роберт Ауманн первым определил понятие коррелированного равновесия, которое обобщало равновесие Нэша; формализовал понятие общего знания в теории игр, разработал теорему о согласии. Томас Шеллинг — лауреат Нобелевской премии за расширение понимания проблем конфликта и кооперации с помощью анализа в рамках теории игр (Клисторин, 2020).</p> <p>Леонид Витальевич Канторович (1912–1986) — советский экономист и математик, получил Нобелевскую премию за вклад в теорию оптимального распределения ресурсов, один из создателей линейного программирования, построил эффективные методы решения операторных уравнений, развил идею оптимальности в экономике (Канторович, 2022).</p> <p>Джордж Бернард Данциг (1914–2005) — известный американский математик, наряду с Джоном фон Нейманом и Леонидом Канторовичем является основоположником линейного программирования. Разработал алгоритм, применяемый в решениях задач симплекс-методом (Мазур, 2020). В 1979 г. утвердили премию Данцига за оригинальные исследования в области математического программирования.</p> <p>Тьяллинг Чарлз Копманс (1910–1985) — американский математик и экономист, занимался методами линейного программирования, распределением ресурсов в условиях конкурентных рынков, лауреат Нобелевской премии за вклад в теорию оптимального распределения ресурсов.</p> <p>Василий Васильевич Леонтьев (1905–1999) — выдающийся американский экономист российского происхождения, создатель теории межотраслевого анализа, один из первых лауреатов премии Нобеля за развитие метода «затраты — выпуск» (экономико-математическая модель, которая характеризует межотраслевые производственные взаимосвязи в экономике страны). Создавая свой знаменитый метод, В. В. Леонтьев взял за основу систему линейных уравнений В. И. Дмитриева, который начинал свои исследования в начале XX в. (Гранберг, 1978).</p>
Конец XX в.	<p>Владислав Валерьевич Лукинский занимается теорией управления запасами с помощью применения имитационно-вероятностных моделей, интеграцией и оптимизацией логистических систем, моделями теории логистики.</p> <p>Алла Сергеевна Коломейченко много времени посвятила изучению и развитию математического моделирования и проектирования, особенно в сфере сельскохозяйственного производства.</p> <p>Николай Борисович Мироносецкий в своих исследованиях рассматривал модели и методы оперативно-календарного планирования, разработал алгоритм решения задач оптимизационного планирования, в основу которого входит ориентир на функцию приоритета полуфабрикатов или деталей. Шаги построения календарного плана-графика происходят по принципу: пересчитываются значения функций приоритета партий изделий, далее изделия упорядочиваются по значению функции приоритета (от меньшего к большему), загружаются на станки после проверки для этих станков соответствующих свойств (свободен для загрузки, еще не освобожден от предыдущей операции и т. д.), рассчитывается время окончания и начала операций, а затем оформляется очередной шаг плана-графика (Розьева, 2022).</p>
Современный этап развития экономики (2015–2024 гг.).	<p>Глубокая интеграция экономики и математики. Большая часть научных исследований в области экономики проводится с использованием экономико-математического моделирования, программирования, теории массового обслуживания, теории игр и т. д. Примером комплексного подхода к изучению проблем устойчивого развития на рубеже XX–XXI вв. можно считать монографию «Новая парадигма развития России» под редакцией В. М. Матросова, В. А. Коптюга и В. К. Левашова (Новая..., 2000).</p> <p>В. А. Стакун выделяет три разных (но связанных между собою) трактовки научного термина модели: «1) наглядный образ процесса, объекта или феномена, оказывающихся объектами научного изучения; 2) абстрактные (например, математические) модели того, что изучает та или иная наука; 3) специфическое применение в философии науки: „научная парадигма“, которая доминирует в научном познании в ту или иную эпоху» (Стакун, 2010).</p> <p>С. А. Кунин предложил основные принципы моделирования: принцип адекватности, принцип простоты и экономичности, принцип информационной достаточности, принцип осуществимости, принцип множественности и единства моделей, принцип системности, принцип параметризации (Розьева, 2022).</p> <p>С. Кнак, Ф. Кифер М. Вуллок, И. Хасан и др.: «повсеместное цифровое преобразование хозяйственной жизни существенно меняет способы ведения предпринимательской деятельности, развивая взаимоотношения между различными группами стейкхолдеров. Помимо возникновения разного рода проблем, предоставляются также и новые возможности.</p> <p>Активное внимание влиянию цифровизации на хозяйственную деятельности уделяют исследования, проведенные А. В. Бабкиным, Н. С. Алексеевой и Ю. В. Вейс (Кулибанова, 2021).</p>

Таким образом, еще в «век просвещения» ученые осознали важность интеграции математики в экономику и управление посредством создания экономико-математических моделей. Сегодня на всех уровнях управления, во всех отраслях экономики широко применяются методы экономико-математического моделирования вкупе с передовыми инновационными исследованиями. Общее экономики и математики видится в том, что они имеют дело с абстрактными объектами высокой степени сложности. Экономические процессы и явления, экономические отношения — это такие же экономические абстракции, не имеющие пространственных характеристик. Именно поэтому экономика стала благодатной почвой для использования математики.

Экономико-математические модели в управлении компанией

Каждый предприниматель ищет ответ на вопрос: как лучше управлять деятельностью компании? В результате появляются новые методики, способы организации деятельности, аналитические инструменты и показатели эффективности, модели социально-экономических явлений и процессов.

Для каждой группы компаний с уникальными и схожими характеристиками исследователи и практики ищут методы, способные решить вопросы, как эффективно распределять ресурсы (материальные, финансовые, трудовые, производственные, энергетические и пр.), как наилучшим образом раскрыть производственные и инновационные возможности, как своевременно спрогнозировать динамику основных экономических показателей, как своевременно выявить причины, почему организация сошла с намеченного пути, и принять стратегические и тактические решения.

Экономико-математические методы в планировании деятельности компании, в сущности, моделируют экономический процесс с помощью его точного математического описания. Модель выражается формулой, неравенством, таблицей, графиком и т. д. и определяется корреляционной или функциональной связью, что позволяет достаточно быстро количественно выявить взаимосвязь между показателями и результирующими факторами (Кукушкин, 2013). Это в первую очередь предоставляет возможность выбора из нескольких вариантов решений наиболее рационального ввиду доступности применения различных критериев оценки в зависимости от конечной цели планирования. Использование метода экономико-математического моделирования в совокупности с результатами современных достижений математики и программирования существенно расширяет границы их применения.

Необходимость оперативного реагирования компаний на изменения во внутренней и внешней сре-

де функционирования, изменение спроса на товары, работы, услуги формирует комплекс задач с вектором максимизации эффективности деятельности посредством оптимизации распределения ресурсов и формирования рационального набора выпускаемой продукции. Решением становятся анализ текущего состояния рынка и разработка стратегических и оперативно-тактических действий. Суть экономико-математического подхода при этом заключается в оптимизации некоторой функции при наличии критериев, или ограничений. Критерии позволяют учесть особенности и зависимости отрасли, хозяйственной деятельности предприятия, производственного и логистического процесса, планирования целевых результатов системы показателей эффективности предприятия и т. п.

Кроме планирования бизнес-стратегии компании, экономико-математические модели позволяют принимать оптимальные управленческие решения. Если рассматривать экономическую сущность управленческого решения как возможность оценить эффект от его разработки и внедрения в стоимостном выражении (разработка и внедрение требуют ресурсов финансовых, материальных и пр.), становится понятно, что управленческое решение имеет себестоимость. Поскольку решение — это результат управленческой деятельности, оно должно приносить прямой или косвенный доход компании. Соотношение дохода и затрат дает представление о его целесообразности, результативности и эффективности.

Благодаря экономико-математической модели можно динамично перебрать варианты всего поля альтернатив управленческих решений или отсеять сразу неподходящие управленческие решения, например не соответствующие правовым ограничениям, наложенным действующим законодательством и внутренними документами организации.

С использованием математической модели можно не только быстро оценить преимущества перечня решений, но и выявить оптимальное (наилучшее в сложившихся условиях) за счет перебора (автоматического или ручного) значений критериев, заявленных при формировании системы уравнений, неравенств, таблиц или графиков, в зависимости от целей моделирования и способов представления его результатов.

Главная особенность большинства экономико-математических моделей — наличие целевой функции, которая задается в зависимости от задачи или глобальной цели, требующей решения или достижения посредством апробации модели. Целью моделирования может быть расчет минимальных затрат на рекламу, себестоимости перевозок при выборе места открытия новой торговой точки, прибыль, рентабельность, производительность и др.

Целевая функция всегда описывает критерий оптимальности — экономический показатель, который принято минимизировать или максимизировать. Например, в ходе принятия управленческого решения необходимо максимизировать совокупный доход, тогда запишем целевую функцию:

$$\max E = n_{ij} \times p_{ij},$$

где E — совокупный доход, который выступает в качестве критерия оптимальности, функция \max означает максимизацию критерия;

n_{ij} — количество i продукта из партии j ;

p_{ij} — цена i продукта из партии j .

Иными словами, произведение объема продукции и цены образует целевую функцию, ориентированную на достижение максимально возможного варианта совокупного дохода.

Кроме того, экономико-математическая модель всегда включает в себя условие неотрицательности для тех переменных, которые в силу своей экономической

или материальной сущности не могут быть отрицательными, например запасы, издержки, количество выпуска изделий или деталей, станок или некая технологическая секция, в рамках которой происходит операция в производственном процессе; в целом чаще всего такими переменными выступает то, что имеет вещественную форму или временной характер величины. Бывают и ситуации, когда условие неотрицательности является недостаточным, и тогда можно наложить условие целочисленности, например штучный товар.

Таким образом, в каждой модели есть критерий оптимальности, целевая функция, условие и система ограничений.

Система ограничений — уравнения или неравенства, так называемые балансовые. Их смысл заключается постановке условия для модели, которые формулируют оптимальный план.

Традиционно процесс экономико-математического моделирования предполагает ряд этапов, формирующих его содержание (рис. 1).



Рисунок 1 — Этапы экономико-математического моделирования

Figure 1 — Stages of economic and mathematical modeling

Методы экономико-математического моделирования отличаются значительным многообразием по содержанию и возможностям применения. В контексте управленческой парадигмы мы выделили несколько групп наиболее значимых: статистические, имитационные, методы статистической теории принятия решений, регрессионные и корреляционные, детерминированные, гибридные (табл. 2).

Выбор методов экономико-математического моделирования определяется информационно-аналитическими и организационно-управленческими задачами.

Так, при проведении маркетингового исследования с помощью опроса в целях расчета объема вы-

борки необходимо определить доверительный интервал, от которого зависят точность результатов опроса и стоимость проведения исследования. В этом способен помочь факторный анализ, который также применим в рамках планирования объема продаж для определения степени влияния характеристик, вступающих в зависимость с целевым показателем (цена реализации, конкурентоспособность товара, затраты на рекламу, технический уровень). Получив данные о рынке, можно провести кластерный анализ, разбив потребителей на группы в зависимости от интересующего нас признака. В результате получаем информацию, на какую аудиторию следует ориентироваться.

Таблица 2

Группировка методов экономико-математического моделирования по содержанию и возможностям применения в контексте управленческой парадигмы

Table 2

Grouping of economic and mathematical modeling methods according to content and application possibilities in the context of the management paradigm

Содержание	Возможности применения
Статистические	
Факторный анализ, кластерный анализ, дисперсионный анализ и др.	Обработка больших массивов данных Представление информации с помощью количественных параметров
Имитационные	
Имитационное моделирование: Дискретно-событийное моделирование Джеффри Гордона Системная динамика Агентное моделирование	Возможность проведения экспериментов и принятия альтернативных решений без существенных затрат Прогнозирование изменения конкретного параметра при изменении других входящих Эффективно в ситуациях, когда различные переменные невозможно определить с помощью аналитических методов, сами события носят стохастический характер Позволяет симитировать такое количество альтернатив событий после принятия решения, чтобы компания могла точно определить для себя риски и вероятность их наступления
Методы статистической теории принятия решений	
Метод ближайших соседей Методы статистических испытаний Методы последовательного анализа Теории массового обслуживания Межотраслевой баланс Теории игр Дерево решений	Удобно проверять статистические гипотезы по времени их возникновения Оценка затрат Формирование алгоритмов действий Оценка вероятностных реакций рынка на действия и решения анализируемой компании Возможность исследования спроса на рынке и своих производственных возможностей
Регрессионные и корреляционные методы	
Регрессионные методы Корреляционные методы	Анализ взаимосвязи некоторых зависимых или независимых переменных
Детерминированные методы	
Методы линейного и нелинейного программирования	Выбор из множества решений оптимального Анализ экономических объектов Прогнозирование
Гибридные методы	
Объединение детерминированных методов и методов статистической теории принятия решений или имитационных методов	Способно помочь подготовить и обосновать управленческие решения среди вероятностного поля случайных величин, что эффективно, когда угадать поведение абсолютно каждого потребителя относительно свойств товара, дизайна его упаковки или цены невозможно, предположить сумму прибыли или вероятностных убытков ввиду постоянно меняющейся рыночной среды

Составлено автором

Можно визуализировать информацию, полученную статистическими методами, и представить в виде графиков или диаграмм. Однако следует учитывать, что любой статистический метод — это количественный, а не качественный метод, он способен дать ответ на вопрос «сколько?», выявить корреляцию между показателями, но не способен объяснить причины того или иного явления. Несмотря на это статистические методы остаются общепринятыми для обоснования управленческих решений, поскольку позволяют быстро обработать большие массивы статистических данных.

В качестве примера применения имитационного моделирования рассмотрим выведение фирмой нового продукта на рынок. Показателем эффективности принятия управленческого решения будет возможная прибыль — разность выручки и затрат (переменные, постоянные и затраты на продвижение). Детерминированной переменной могут быть затраты на продвижение, случайными переменными — значения цены реализации, объема продаж, постоянных и переменных затрат, которые невозможно спрогнозировать. Определение законов их распределения (понимание того, в каком интервале может

находиться ее значение) может быть представлено при помощи экспертной оценки либо с использованием статистических данных (если они есть). Имитационное моделирование вывода нового продукта дополнительно потребует определения закона распределения доли рынка, чтобы прогнозировать все остальные случайные величины (издержки, цену, объем и т. п.). Когда все случайные величины сгенерированы, происходит моделирование следующих N -имитаций, количество которых зависит от того, насколько точно необходимо представить конечный результат (сколько различных реакций рынка нужно предусмотреть). Эффективность имитации прибыли зависит от того, насколько точно эксперты смогут определить закон распределения доли рынка и насколько качественным будет анализ статистических данных, отражающих годовой спрос в сегменте рынка.

Имитация дает возможность провести настолько большое количество реализаций, чтобы в результате у пользователя информации было сформировано мнение о том, как часто случайные события будут приводить к неблагоприятным и, наоборот, благоприятным исходам. Что означает, как часто организация будет получать отрицательную прибыль при тех или иных значениях случайных величин цены реализации, объема продаж, постоянных и переменных затрат, а также сколько раз организация получит положительную прибыль.

По результатам такого исследования можно построить корреляционные зависимости и определить необходимые профилактические меры, чтобы снизить возможный негативный эффект в ходе реализации управленческого решения.

Методы статистической теории принятия решений иногда перемежаются со статистическими и имитационными. Например, метод статистических испытаний мы рассматривали в рамках имитационных методов в качестве метода Монте-Карло. Однако оптимизационные задачи, построенные для проведения испытаний на уже имеющихся статистических данных о рынке, следует относить исключительно к статистическим методам принятия решений. Для выработки оптимальных решений важное значение имеет теоретическое обоснование и практическая разработка информационно-методического обеспечения для расчета прогнозных межотраслевых балансов производства и использования продукции и национального дохода с социальной ориентацией производства. Широко распространено дерево решений — эффективный инструмент интеллектуального анализа данных, он решает задачи классификации, регрессии, описания объектов. В случаях не динамической системы, а статичной — может относиться и к статистическим методам (кластерный анализ).

Регрессионные и корреляционные методы часто применяются в связке с другими группами методов, особенно популярны при проведении экстраполяции. Все управление построено на том, чтобы найти взаимосвязи, в экономической теории товары разбиваются на комплементы, субституты — ввиду того что между теми и другими товарами была обнаружена корреляция и регрессия. В маркетинге исследователи стараются искать взаимосвязи между какими-то потребительскими свойствами товара и ценой реализации, расходами на рекламу и объемами продаж, лояльностью и качеством или послепродажным сервисом. Зачастую зависимости не так очевидны, как в приведенных выше примерах, и именно в поиске сложных и неочевидных зависимостей и заключается экономико-математический метод через регрессионный и корреляционный анализ.

Детерминированные методы включают в себя методы линейного и нелинейного программирования. В линейном программировании существует задача о потоке минимальной стоимости, которая позволяет доставить из источников в нужные сроки с минимальными затратами, не нарушая пропускных способностей. Усложнить данную задачу можно введением переменной о грузоподъемности. В теории данная задача похожа на транспортную или продуктовую задачу, за одним исключением: в них баланс выстраивается за счет потребностей предприятий в материалах/сбыте, а в описываемой задаче баланс строится в конкретной организации. Задача о покрытии позволяет определить места новых магазинов (при планировании их открытия), если мы предполагаем, что покупатель посещает магазин, который находится не дальше какого-то определенного расстояния от его дома. Задача производственного планирования может быть ориентирована на одну из целей: максимизация объема реализации при заданных ресурсах или минимизация себестоимости при поддержании определенного уровня качества. Для контроля качества используют модель оптимизации состава промышленных смесей, ее преимущество заключается в получении готовой продукции с заданными свойствами при наименьших затратах исходного сырья. Отличие такой задачи от задачи производственного планирования заключается в том, что не учитываются технология и затраты на прочие ресурсы, кроме сырьевых. Также повсеместно на производствах в легкой промышленности используется экономико-математическая модель задачи раскроя материалов. Суть метода сводится к тому, чтобы представить технологически оптимальный раскрой для производства партии заготовок, чтобы минимизировать обрезки, которые будут утилизированы. Нелинейное программирование в общем и целом строится анало-

гично, однако задача такого программирования — построение нелинейной функции.

Задачи линейного и нелинейного программирования при существующих возможностях ЭВМ эффективно применять в совокупности с любыми другими методами из набора экономико-математических методов, поскольку скорость выполнения такого анализа полностью восполняет сложность их использования.

Гибридные методы способны помочь подготовить и обосновать управленческие решения среди вероятностного поля случайных величин, что эффективно в целях маркетинга, когда угадать поведение абсолютно каждого потребителя относительно свойств товара, дизайна его упаковки или цены невозможно, предположить сумму прибыли или вероятностных убытков ввиду постоянно меняющейся рыночной среды. Логично, что метод, включающий в себя совокупность подходящих методов из различных групп согласно ситуации и решаемой задаче, будет более эффективен, так как отразит наиболее полную реальную картину. Будут учтены с наибольшей вероятностью различные ограничения, компоненты оптимизации и условия, характерные для определенного сектора экономики, отрасли, предприятия и, например, региона.

Современный инструментарий применения экономико-математических моделей в решении управленческих задач. Риски адаптации к конкретной управленческой ситуации

Использование экономико-математических методов может быть очень трудоемким и малодоступным без вычислительной техники и специальных программ. Динамические модели, основанные на вероятностных данных, зачастую требуют расчета с использованием разных первоначальных гипотез. На основе ранее приведенного примера имитационного моделирования вспомним пример задачи вывода на рынок нового продукта и прогноза пяти-сот вариаций реакций рынка на это. Расчет можно провести с предположением, что значения объема продаж будут с нормальным распределением, или с треугольным распределением, или равномерным, или каким-то еще распределением, какое будет наиболее вероятным, по мнению экспертов. Можно поочередно менять вид распределения случайной величины у различных показателей (напомним: переменные и постоянные издержки, цена реализации, прибыль от продаж). В результате чего будет разный просчет и вероятность благоприятных исходов будет распределяться по-разному. Быстрый просчет такой задачи возможен только с ЭВМ, поэтому сейчас необходимо рассмотреть возможные программные решения для создания и использования экономико-математической модели.

Разумеется, главный инструмент таких методов — это математические законы, взаимозависимости, но в рамках данного подраздела рассмотрим именно технический или технологический инструментарий, облегчающий практическую разработку экономико-математических моделей.

В практической части исследования в процессе применения экономико-математических методов в создании модели предприятия будут использованы программные продукты Microsoft Office: MS Excel и MS Project. Данные программы наиболее доступны для решения задач оптимизации.

С помощью Excel можно найти оптимальное значение вручную. Однако весьма распространено решение оптимизационной задачи и автоматически: с помощью MS Excel «Поиск решений». Надстройка позволяет подобрать оптимальное решение для экономико-математической модели, в основе надстройки лежит алгоритм Generalized Reduced Gradient, автором которого являются Л. Ласдон и А. Уоррен.

Существуют и более технологически сложные программы, требующие серьезных финансовых вложений: GNU Octave, Arena OptQuest, OptyTrace, SMath Studio, ERP.

GNU Octave — специализированная система для решения линейных и нелинейных математических задач, в которой также доступно моделирование с помощью гибридных систем. Такая программа требует знания определенных языков программирования, и в этом заключается ограничение использования. Для предприятий среднего и крупного бизнеса наличие IT-отдела легко снимет такое ограничение, однако микропредприятия и предприятия малого бизнеса, скорее всего, таким модулем не воспользуются.

Программные продукты от Arena позволяют моделировать различные альтернативные сценарии для выбора оптимального. Продукт такого рода актуален для магазинов, регулярно запускающих продукты на интернет-площадках, так можно сэкономить время и быстро прийти к оптимальному решению и сэкономить финансовые ресурсы, поскольку моделирование процессов необходимо на регулярной основе.

Платформа ERP позволяет решить широкий круг задач, связанных с планированием (за исключением оперативного планирования). Использование таких платформ распространено в основном в предприятиях среднего и крупного бизнеса, когда появляется необходимость контролировать процессы каждого компьютера, подключенного к локальной сети организации, обеспечивать безопасность внутренних данных, анализировать большие пласты информации. Такая платформа есть на базе Oracle, 1C, SAP, «Галактика».

Несмотря на логичность использования формализованных методов для оценки управленческого решения или бизнес-идеи, фактическое применение

экономико-математических методов и моделей в управленческих исследованиях осложняется рядом обстоятельств, требующих внимания (табл. 3).

Таблица 3

Ограничения и риски применения экономико-математических методов и моделей в управлении организацией

Table 3

Limitations and risks of using economic and mathematical methods and models in managing an organization

Риски и ограничения	Параметры риска	Практический пример
Риски применения	Отсутствие методических рекомендаций по адаптации методов экономико-математического моделирования к применению в реальной практике с учетом многовариантности исходной информации и альтернативных параметров решения; нелинейность управленческих процессов, затрудняющих мониторинг эффективности внедрения модели; отсутствие критериев оценки исходной информации для информационно-аналитических операций	Увеличение расходов на рекламу может не дать молниеносной реакции, в результате чего сложно будет дать оценку экономического эффекта от принятия такого маркетингового управленческого решения
Риски ошибок	Сложность экономико-математических моделей. Сложность проведения измерений параметров, актуальных для принятия управленческих решений	Показатели потребительской полезности и удовлетворенности сложно измерить, это требует субъективной оценки, что повышает вероятность допущения ошибки
Финансовые риски	Потребность в регулярном мониторинге (а не в ситуационном анализе) некоторых рыночных параметров увеличивает стоимость применения моделей	Потребительские вкусы и привычки, которые быстро меняются, необходимо отслеживать регулярно, это требует дополнительных вложений финансовых и трудовых ресурсов
Профессиональные риски (риски компетенций)	Предпочтение менеджерами и специалистами неформальных методов в решении задач вопреки потребностям ситуации в применении экономико-математических инструментов	Творческий или интуитивный подход к разработке и реализации решений, ограниченное применение статистической информации, вероятностного подхода и др.
IT-риски	Дисбаланс возможностей применения программных продуктов, экономико-математических методов и потребностей пользователя	Доступные программы имеют ограниченный функционал и не всегда способны быстро справиться с задачей или не могут обработать слишком большой массив информации, в результате чего становятся неэффективными

Составлено автором

Выделенные автором ограничения, формирующие риски, выступают основанием для последующей разработки алгоритма адаптации моделей к реальным практическим ситуациям как объективной

потребности в минимизации вероятности наступления рисков применения моделей в реальной экономической и управленческой практике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / LIST OF SOURCES

Petz D., Redi M. R. John von Neumann And The Theory Of Operator Algebras, in The Neumann compendium, World Scientific, 1995, pp. 163–181.

Аннадурдыева Г., Гельдимырадов Г., Розыева О., Худайверенов Н. Экономико-математические модели и моделирование // Символ науки. 2023. №5–1. С. 51–52 [Annadurdyeva G., Geldimyradov G., Rozyeva O., Khudaiverenov N. Economic-mathematical models and modeling. *Simvol nauki = Symbol of science*, 2023;5–1:51–52 (In Russ.)].

- Блауг М. Система Рикардо // Экономическая мысль в ретроспективе. М. : Дело, 1994. С. 82–35. [Blaug M. Ricardo's system. In: Economic Theory in Retrospect. M.: Delo, 1994. Pp. 82–135 (In Russ.)].
- Гранберг А. Г. Математические модели социалистической экономики. М. Экономика, 1978. С. 351 [Granberg A. G. Mathematical models of the socialist economy. M.: Ekonomika, 1978. P. 351 (In Russ.)].
- Дрогобыцкий И. Н. Модельно-математический арсенал экономических исследований // Вестник Таганрогского института управления и экономики. 2022. №1. С. 3–15 [Drogobytsky I. N. Model-mathematical arsenal of economic research. *Vestnik Taganrogskogo instituta upravleniya i ekonomiki = Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics*, 2022;1:3–15 (In Russ.)].
- Кенэ Ф. Избранные экономические произведения. М. : Соцэкгиз, 1960 [Kene F. Selected economic works. Moscow: Socekgiz, 1960 (In Russ.)].
- Клисторин В. И. О математике в экономической науке // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2020. Т. 50, №11. С. 38–61. [Klistorin V. I. About mathematics in economic science. *Vserossijskij ekonomicheskij zhurnal EKO = All-Russian Economic Journal EKO*, 2020;50 (11):38–61 (In Russ.)].
- Кукушкин С. Н. Внутрифирменное планирование. М. : Юрайт, 2013. 350 с. [Kukushkin S. N. In-house planning. Moscow: Yurajt, 2013. 350 p. (In Russ.)].
- Кулибанова В. В., Тэор Т. Р., Ильина И. А. Современные методы мониторинга социального капитала организации // *π-Economy*. 2021. №5 [Kulibanova V. V., Teor T. R., Ilyina I. A. Modern methods of monitoring the social capital of an organization. *π-Economy*, 2021;5 (In Russ.)].
- Леонид Витальевич Канторович: человек и ученый. В 2 т. Редакторы-составители В. Л. Канторович, С. С. Кутателадзе, Я. И. Фет. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. Т. 1. 544 с. [Leonid Vitalievich Kantorovich: man and scientist. In 2 volumes. Editors-compilers V. L. Kantorovich, S. S. Kutateladze, Ya. I. Fet. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002. Vol. 1. 544 p. (In Russ.)].
- Ливандовская А. Д. Экономика и математика: их взаимодействие // Вестник ТГЭУ. 2008. №4. [Livandovskaya A. D. Economics and mathematics: their interaction. *Vestnik TGEU = Bulletin of the TSUE*, 2008;4 (In Russ.)].
- Мазур Л. Н. Моделирование как метод аналитической истории: опыт разработки исторических моделей человеческого потенциала // *Философия. Журнал высшей школы экономики*. 2020. Т. 4, №4. С. 133–164. [Mazur L. N. Modeling as a method of analytical history: experience in developing historical models of human potential. *Filosofiya. Zhurnal vysshej shkoly ekonomiki = Philosophy. Journal of Higher School of Economics*, 2020;4 (4):133–164 (In Russ.)].
- Маркс К. Биография. М. : Политиздат, 1973. [Marx K. Biography. Moscow: Politizdat, 1973. (In Russ.)].
- Новая парадигма развития России (комплексные исследования проблем устойчивого развития): энциклопедическая монография / под ред. В. А. Коптюга, В. М. Матросова, В. К. Левашова. М: Академия, 2000. XIX, 459 с. [V. A. Koptuyug, V. M. Matrosov, V. K. Levashov (ed.). New paradigm for the development of Russia: (comprehensive studies of problems of sustainable development): encyclopedic monograph. Moscow: Academy, 2000. 459 p. (In Russ.)].
- Розьева О., Гельдимырадов Г., Мырадова М. Использование математического моделирования в экономике: история развития // *IN SITU*. 2022. №5. С. 7–9 [Rozyeva O., Geldimyradov G., Myradova M. The use of mathematical modeling in economics: history of development. *IN SITU*, 2022;5:7–9 (In Russ.)].
- Самуэльсон, Пол Э., Нордхаус В. Д. Экономика: учебник. 18-е изд. М., 2009. 1358 с. [Samuelson, Paul E., Nordhaus V. D. Economics: textbook. 18th ed. Moscow: Williams, 2009. 1358 p. (In Russ.)].
- Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. М. : Эксмо, 2007. 960 с. [Smith A. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Moscow: Eksmo, 2007. 960 p. (In Russ.)].
- Солоу Р. М. Лауреаты Нобелевской премии по экономике: автобиографии, лекции, комментарии. СПб. : Наука, 2009. Т. 2. С. 107–124. [Solow R. M. Nobel Prize winners in economics: autobiographies, lectures, comments. St. Petersburg: Nauka, 2009. Vol. 2. P. 107–124. (In Russ.)].
- Стакун Г. А. Место и роль моделирования в системе научного и художественного познания: дис. ... канд. филос. наук. Чебоксары, 2010. 122 с. [Stakun G. A. The place and role of modeling in the system of scientific and artistic knowledge: Doctoral thesis. Cheboksary, 2010. 122 p. (In Russ.)].