

3.9. ЭВОЛЮЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Чернов В.А., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой, кафедра Бухгалтерский учет и аудит

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассмотрены истоки экономико-математического моделирования от начальных форм до появления новых нетрадиционных подходов в экономико-математическом анализе. Исследованы различные методы моделирования в исторической преемственности, рассмотрены возможности использования новых направлений в прикладном моделировании, обусловленных динамично меняющейся рыночной средой, совершенствованием информационных технологий, национальной и международной хозяйственной практикой, совершенствованием экономической науки. Такой подход особенно актуален для магистерских исследований, обращенных в будущее, для аспирантов и докторантов, ищущих научные решения хозяйственных проблем.

Автор обращается к нетривиальным, малоосвещенным, неформализованным методикам моделирования, в которых объединяются возможности науки и искусства управления экономической системой. Использование этих методик обуславливает введение в экономико-математический анализ новых терминов из кибернетики, таких как «катастрофа» с ее бифуркациями, «шумами», турбулентными или ламинарными видами движений, «аттрактор» (притягатель) и др.

Исследованию автора присущи диалектические принципы с их комплексной, системной взаимоувязкой процессов и явлений, отмечается необходимость учета места, времени и обстоятельств при выборе методик моделирования и принятии решений, обусловленных динамическим развитием системы.

Основное назначение предлагаемых моделей – достижение возможности решения хозяйственных задач в условиях неопределенности и риска, недостатка информации, неформализуемости, слабой структурируемости исследуемых объектов в контексте возникающих проблем экономического анализа.

1. Моделирование и управление экономикой: историческая последовательность развития

Управляя хозяйственной системой, предприниматель стремится прогнозировать ее будущее при выборе хозяйственных решений, сценариев их развития. Для этого применяют аналитические расчеты, определяющие результат развития хозяйственной системы. Эти расчёты проводят на основе данных бухгалтерского учёта и подвергают контролю и анализу. Развитие теории, методологии и практики бухгалтерского учета, экономического анализа и финансового контроля в России освещено в статьях [6; 48, с. 10-46].

Помимо расчётов в хозяйственном управлении необходимы эксперименты, способные дать более реалистичные оценки развития будущей системы, чем обычные вычисления. Но проведение экспериментов на реальном хозяйственном объекте требует больших затрат. Для сокращения таких затрат эксперименты с объектом проводят на моделях. Потому, продолжая тему развития учёта, анализа и контроля в управлении, мы рассмотрим более специфическое

направление развития – моделирование в анализе экономических систем, поскольку развитие экономико-математического моделирования в анализе менее освещено в публикациях.

Модель является представлением объекта, системы или понятия (идеи) в некоторой форме, отличной от формы их реального существования. Модель служит обычно средством, помогающим нам в объяснении, понимании или совершенствовании системы. Модель какого-либо объекта может быть или точной его копией (хотя и выполненной из другого материала и в другом масштабе), или отображать некоторые характерные свойства объекта в абстрактной форме. В этом смысле моделирование само по себе далеко не ново.

Формирование понятия моделирования и разработка моделей играли жизненно важную роль в духовной деятельности человечества с тех пор, как оно стало стремиться к пониманию и изменению окружающей среды. Люди всегда использовали концепцию модели, пытались представить и выразить с ее помощью абстрактные идеи и реальные объекты. Моделирование охватывает широкий диапазон человеческой деятельности – от наскальной живописи и сокрушения идолов до составления систем сложных математических уравнений, описывающих полет космических объектов. По существу, прогресс и история науки и техники нашли свое выражение в развитии способности человека создавать модели естественных явлений, понятий и объектов.

Модель, необходимая для эффективного решения сложных задач, может принимать различные формы, но одна из наиболее полезных и наиболее употребительных и эффективных форм – это математическая, выражающая посредством специальных выражений и систем уравнений существенные черты изучаемых реальных систем или явлений.

К сожалению, не всегда возможно использование математической модели в узком значении этого слова. При изучении многих физических, химических, промышленных и военных систем определяют цели, указывают ограничения, предусматривают, чтобы создаваемая математическая конструкция подчинялась техническим или технологическим законам. При этом необходимо вскрыть и представить в той или иной математической форме существенные связи в системе. В отличие от этого в экономической, экологической, демографической, медицинской, юридической сферах решение проблем имеет большую неопределенность, оно связано с неясными и противоречивыми целями, а также с выбором альтернатив, диктуемых экономическими, политическими и социальными факторами. Данное обстоятельство затрудняет возможность применения математических методов в социально-экономическом направлении и вызывает необходимость включать в процесс моделирования как количественные, так и качественные характеристики модели. В этой связи прикладное математическое моделирование в экономике потребовало ряда доработок, изменений и допущений, не всегда объяснимых строго математическими предписаниями. Так появилась самостоятельная научная дисциплина «Экономико-математические методы».

Слова выдающегося французского ученого – одного из основоположников теории катастроф А. Пуанкаре – о том, что математики не уничтожают препятствия, мешающие им, но просто отодвигают их за границы своей науки, связаны с прикладными математическими исследованиями. Нечто подобное проявляется и в отношении применения математики в экономических науках. Нерешенные чисто математическими приемами проблемы в экономических задачах перешли в область экономико-математических методов.

Экономико-математические методы (ЭММ) – это направление в науке, объединяющее в себе отдельные прикладные аспекты математики, экономической теории и кибернетики. Их появление вызвано необходимостью повышения эффективности производства на основе использования достижений науки, в том числе экономико-математического моделирования и вычислительной техники.

Попытки использования математических методов в экономике предпринимались несколько веков назад. Один из основателей классической школы политэкономии У. Петти (1623-1687) в предисловии к «Политической арифметике» указывал: «Мой способ исследования не обычный, ибо вместо того, чтобы употреблять слова только в сравнительной и превосходной степени и прибегать к умозрительным аргументам, я вступил на путь выражения своих мнений на языке чисел, весов, мер, что я уже давно стремился пойти по этому пути, чтобы показать пример политической арифметики» [53]. Считается также, что в работах У. Петти заложены основы статистической науки (наиболее ранние сведения о первых работах по статистике в Древнем Китае относятся к XXIII в. до нашей эры, которые еще не были научными).

Первым экономистом-математиком считается выдающийся французский ученый О. Курно (1801-1877), математик, математик-статистик, экономист-математик, философ, историк. В своем первом экономико-математическом труде «Математические основы теории богатства», вышедшем в 1838 г., он заложил основы современной математической экономики, применил методы математического анализа к исследованию экономических явлений и процессов, измеримых количественно. И хотя до Курно многие авторы пытались применить математические приемы к политической экономии, однако только Курно первому, по замечанию Фишера, удалось достичь в этом направлении значительных результатов [91]. По мнению Фишера, один Курно из плеяды ранних экономистов оказывает в настоящее время (1898 г.) мощное влияние на экономическую мысль, его надо считать основоположником этого направления в экономической науке и с него должен начинаться любой обзор современной математической экономики.

Экономико-математическая монография Курно представляет теперь исторический интерес. Идеи Курно в области теории вероятностей обогнали на много десятков лет его эпоху и только теперь становятся общепризнанными и кладутся в основу логики и философии этой дисциплины [33, с. 5-6].

На теорию вероятностей опирается математическая статистика. В основу методов математической статистики как раздела экономико-математических методов также легли идеи Курно: «В самом деле под статистикой понимают (как на это указывает самое название) собрание фактов, совершающихся при объединении людей в государство, но у нас это слово принимает более обобщенное значение. Мы будем понимать под статистикой науку, которая ставит свое задачей собирание и упорядочение многочисленных фактов любого рода с целью выявлять числовые соотношения, существенно очищенные от случайных искажений и показывающие наличие закономерных причин, действие которых сочеталось с действием причин случайных» [33, с. 172]. «Числа – это инструмент в руках статистика, и точность, с которой эти инструменты работают, может быть оценена с помощью формул, заимствованных у теории вероятностей» [91; 33, с. 175].

Но следует признать и то, что исчисление вероятностей применялось и раньше в социальной статистике. По словам О. Курно, вероятностные расчеты нашли применение в этой области в силу сложности социальных явлений, не поддающихся математическому изучению, для которых нет возможности получить иной материал, помимо того, который дают наблюдения.

А. Кетле (1796-1874) назвал статистику «социальной физикой», т.е. наукой, изучающей законы общественной системы с помощью количественных методов. Он внес значительный вклад в разработку теории устойчивости статистических показателей.

Математическое направление в статистике развивалось также в работах Ф. Гальтона (1822-1911), К. Пирсона (1857-1936), В. Госсета (1876-1936), Р. Фишера (1890-1962), М. Митчела (1874-1948) и др.

Свое отношение к идее использования математических методов в экономике выражали основатели социал-демократии. Так, например, Н.Г. Чернышевский высказывал следующую точку зрения в данном вопросе: «Мы видели уже много примеров тому, какими приемами пользуется политическая экономия при решении своих задач. Эти приемы математические. Иначе и быть не может, потому что предмет науки – количества, подлежащие счету и мере, принимаемые только через вычисление и измерение [76, с. 81].

Перу К. Маркса принадлежат свыше тысячи листов математических рукописей, «Математические тетради», переписка с Ф. Энгельсом [52]. Он составлял математические модели в работе «Капитал» [37]. Особенно его привлекала проблема математического описания движения, с использованием Декартовой переменной величины, дифференциального и интегрального исчисления с их основными понятиями и операциями [38]. Подробнее математические модели Маркса описаны в [39, с. 5-9].

Математические идеи К. Маркса нашли поддержку и у его последователей: «Понятия, порядок, закономерность и т.п., – писал В.И. Ленин, – могут быть выражены при известных условиях математически определенным функциональным соотношением» [35]. П. Лафарг в своих воспоминаниях о Марксе

пишет: «В высшей математике он находил динамическое движение в его наиболее логичной и в то же время простейшей форме. Он считал также, что наука только тогда достигает совершенства, когда ей удастся воспользоваться математикой [17, с. 66].

Из истории известны и более категоричные суждения на эту тему. Философ И. Кант утверждал, что в каждой отдельной естественной науке можно найти собственно науку лишь постольку, поскольку в ней можно найти математику [65]. М. Стоун заявлял: «...наука есть рассуждение, рассуждение есть математика и, следовательно, наука есть математика» [20]. Опыт XX в., который будет описан далее, свидетельствует о том, что столь крайняя категоричность не вполне оправдана, тем более что определение понятия «рассуждение» не тождественно понятию «математика».

В 1931 г. было создано Международное эконометрическое общество, видным представителем и активным деятелем которого был норвежский ученый Р. Фриш (1895-1973). Изначально термин «эконометрика» был введен Р. Фришем для обозначения направления, представляющего собой синтез экономической теории, математики и статистики. Позднее круг проблем, разрабатываемых в этом направлении, сузился. В результате в понятие «эконометрика» стали включать в основном построение математико-статистических моделей экономических процессов (эконометрических моделей), использование методов математической статистики для определения параметров этих моделей.

Проникновение математики в экономику, планирование и управление является определяющей особенностью современного этапа научно-технического прогресса. Этот процесс развивался во всем мире. Появились школы математических методов в США, Франции, ФРГ, Великобритании и других странах. Крупная школа математических экономистов возникла в США (П.Э. Самуэльсон, К. Дж. Эрроу, Т. Купманс и др.).

В Советском Союзе подобная школа возникла во главе с Л.В. Канторовичем. 13 мая 1939 г. в Ленинградском университете состоялся доклад молодого математика, 27-летнего профессора университета, Л. Канторовича «О некоторых математических проблемах экономики промышленности, сельского хозяйства и транспорта». Несмотря на свою молодость, Л.В. Канторович был одним из известнейших математиков страны. Содержанием этого доклада и вышедшей вскоре небольшим тиражом на его основе брошюры «Математические методы организации и планирования производства» является одно из выдающихся открытий в науке XX в. Этот труд открыл новые направления и в математике, и в экономике. Был обнаружен широкий класс задач на экстремум, повсеместно возникающих в производстве и распределении, и даны эффективные методы их решения. Эти задачи, получившие впоследствии название задач линейного программирования, оказались важны не только практически, но и теоретически – модель линейного программирования позволила окончательно прояснить всю теорию стоимости [26, с 25].

Использовать ЭММ в СССР начали с ранних 1950-х гг. На грани 1950-х и 1960-х гг. большое число специалистов по прикладной математике начали не только знакомиться с идеями линейного и нелинейного программирования, но и реализовывать первые большие оптимизационные алгоритмы на ЭВМ. Этот период характерен быстрым развитием численных методов оптимизации. В Москве, Киеве, Новосибирске, Ленинграде начали возникать эффективно работающие коллективы математиков, и практически приложением этих усилий стала экономика (помимо прочих наук). Особо широкое распространение ЭММ получили благодаря развитию вычислительной техники.

В основе работ лежали оптимизационные идеи, которые позволяли редуцировать задачи экономики к отысканию экстремумов некоторой целевой функции. Поскольку казалось очевидным, что цель советского общества – это максимизация потребления, ставшего критерием благосостояния народа, то задача планирования сводилась к такой организации производства, такому распределению ресурсов, которые бы обеспечивали максимум этой функции. В конце 1950-х гг. родился термин «оптимальный план».

Сделаем небольшое отступление, чтобы дать некоторую оценку такому критерию с учетом исторического опыта и диалектической логики. В то время также имели хождение такие высказывания, что в «социалистическом» обществе нет места буржуазным стремлениям, главными из которых является увеличение прибыли, рост капитала, а не благосостояние народа. Поставленная в то время цель максимизации потребления действительно была хороша с точки зрения желаемого. Однако в диалектике существует и категория возможного и действительного. Возможное может стать действительным лишь при определенных условиях, и желаемое может реализовываться лишь на основе объективных экономических законов. С позиций экономического мышления, диалектической оценки взаимодействия противоположностей в экономике, отношений свободы (желаемого) и необходимости (ее условий) критерий максимизации потребления не может быть преобладающим без ущерба для развития общества.

Прежде чем потреблять продукт, нужно как минимум его создать. И думая о потреблении как о главном критерии, необходимо прежде подумать об источнике этого потребления – производстве. Если думать преимущественно о потреблении как о главном критерии, без достаточной связи с экономическими критериями производства, то продукция не будет создана в количествах, требуемых для потребления. Потребление – это прежде всего расходы. Их максимизация истощает производственные ресурсы, а для роста национального продукта необходимо развитие производства. Превышение расходов над доходами останавливает производство и, следовательно, уменьшает возможности потребления. Чем прибыльнее экономика, тем больше имеется возможностей развивать производство потребляемых товаров. Максимальный рост потреб-

ления возможен лишь при опережающем росте прибыли. Поэтому первичными необходимыми экономическими критериями, по отношению к производному от них критерию потребления, являются критерии эффективности производства, роста объема прибыли, улучшения финансового положения хозяйственных структур на основе удовлетворения платежеспособного спроса потребителей. Более конкретный критерий может быть определен лишь исходя из реальных задач, обстоятельств, места, времени (рыночных условий и ситуаций). Но этот частный критерий должен определяться в согласовании с вышеназванными общими критериями. Работа предприятия может также оцениваться и по нескольким критериям, отвечающим целям и задачам хозяйственной деятельности рассматриваемой организации.

Вернемся к описанию эволюции математического моделирования в экономике. Термин «экономико-математические методы» введен академиком В.С. Немчиновым в начале 1960-х гг. Началом системного применения экономико-математических методов считается середина 1960-х гг. В 1965 г. академиком Л.В. Канторовичу, В.С. Немчинову, профессору В.В. Новожилову за научную разработку метода линейного программирования и ряда экономико-математических моделей была присуждена Ленинская премия. В 1975 г. Л.В. Канторович стал первым – и пока единственным – российским лауреатом Нобелевской премии (памяти Альфреда Нобеля) по экономике.

Путь к этой вершине был долог и непрост. Ученые зарубежья ознакомились с трудами Канторовича с большим запозданием. Но, открыв для себя работы Леонида Витальевича, выдающиеся исследователи Запада сразу же признали их приоритет и научную значимость. На родине открытия Л. В. Канторовича рядом видных экономистов были встречены в штыки. К сожалению, подобные парадоксы не редкость для истории нашего государства. Знаменитая книга Канторовича «Экономический расчет наилучшего использования ресурсов», написанная и направленная в Государственный плановый комитет Совета Министров СССР (Госплан) в 1942 г., увидела свет только в 1959 г. Предварительно на совещании в Госплане обсуждался вопрос о его аресте, от которого Канторовича спасла лишь его большая известность математика.

Вообще непосредственно перед войной и во время нее Л.В. Канторович написал около 20 работ на эти темы, но только две из них были напечатаны своевременно: маленькая заметка в Докладах Академии наук 1942 г. «О перемещении масс», из которой, собственно, и узнали на Западе о работах Канторовича по линейному программированию, и «Рациональные методы раскроя металла», опубликованная в 1942 г. в Производственно-техническом бюллетене Наркомата боеприпасов, выходящем под грифом «для служебного пользования». Блестящая статья Канторовича и Гавурина по транспортной задаче, в которой были детально изложены методы ее решения, написанная в 1940 г., была опубликована только в 1949 г., когда эти результаты уже были получены на Западе. Та же участь постигла и его работу «Подбор поставок, обес-

печивающих максимальный выпуск пилопродукции в заданном ассортименте». Статья 1944 г. «Об исчислении общественно необходимых затрат» увидела свет в журнале «Вопросы экономики» (гл. редактор Л.М. Гатовский) под другим названием и со значительными сокращениями только в 1960 г. и лишь благодаря обращению Л.В. Канторовича к президенту Академии Наук СССР А.Н. Несмеянову и В.А. Кириллину, заведовавшему отделом науки Центрального комитета (ЦК) Коммунистической партии Советского Союза (КПСС). Остальные работы так и не были напечатаны.

Все это затрудняло признание приоритета российской науки в разработки методов линейного программирования. Переписка Л.В. Канторовича с Т. Купмансом и другими учеными, относящаяся к концу 1950-х гг., когда в США стали известны работы Л.В. Канторовича по экономике и линейному программированию, свидетельствует о признании приоритета Л.В. Канторовича в разработке аппарата линейного программирования [27, с 26].

К основным работам, в которых нашли отражение первые экономико-математические методы советского периода, относятся также работы В.В. Новожилова «Измерение затрат и их результатов в социалистическом хозяйстве» [47]; Л.В. Канторовича «Экономический расчет наилучшего использования ресурсов» [27]; А.Я. Боярского [14, 15]; В.С. Немчинова «Экономико-математические методы и модели» [46]; «Спорные вопросы применения метода вспомогательных множителей в социалистической экономике» [45]; «Закон стоимости и плановое ценообразование» [44] и некоторые работы других авторов.

Значительный вклад в развитие математической экономики, математической теории моделей экономической динамики внесли авторы этих моделей – В. Леонтьев, Дж. Фон. Нейман, Д. Гейл, а также Л.В. Канторович, В.Л. Макаров, С.А. Ашманов и др.

В совместной работе А.Г. Аганбегяна, А.Г. Гранберга, К.А. Багриновского, Э.Б. Ершова [56] описаны модели оптимального планирования, целевая функция общественного благосостояния, определены критерии оптимальности в прикладных народнохозяйственных моделях, исследованы свойства простых моделей оптимизации межотраслевых связей, предложены гладкие решения некоторых задач планирования. Уже в то время учитывались неопределенность информации и устойчивость решения статической модели планового межотраслевого баланса.

Применение комплекса математических методов в анализе хозяйственной деятельности предприятий торговли впервые было опубликовано в 1967 г. в книге «Математические методы анализа в торговле. Очерки теории и практики» (авторский коллектив: М.И. Баканов, И.С. Бровиков, В.Т. Бабуринов, А.А. Иванов, А.Н. Лебедев, В.Я. Райцин, Н.Н. Рязов, В.И. Сиськов, Я.Н. Ханелис), выпущенной под редакцией М.И. Баканова и И.С. Бровикова [39]. В этой работе рассматривались математические методы в анализе спроса и потребления, статистико-математическое измерение качества товаров, теория корреляции в анализе работы торговых органи-

заций, линейное программирование, теория массового обслуживания и др.

Использование экономико-математических методов в экономическом анализе нашло отражение также в работах А.Д. Шеремета [79], Р.С. Сайфулина [57]. Позднее экономико-математические методы в торговле стали применяться и другими авторами [80, 60].

В последнее время экономико-математическое моделирование обретает наиболее широкое распространение. В 1990 г. методы построения и использования моделей в экономике были описаны в книге «Моделирование народнохозяйственных процессов», изданной в Ленинградском университете под ред. И.В. Котова. Коллективом авторов (А.М. Рубинов, К.Ю. Борисов, В.Н. Десницка, В.Д. Матвеев) в 1991 г. были предложены агрегированные модели оптимального управления в экономике (ленинградское отделение издательства «Наука»). Исследование «Экономические модели и методы в управлении» С.А. Жданова опубликовано в 1998 г. московским издательством «Дело и сервис».

В 1997 г. издан «Краткий курс математики для экономистов» А.Н. Колесникова. В этом же году издана книга Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришина, М.Н. Фридмана «Высшая математика для экономистов» [29]. Учебник М.С. Красса «Математика для экономических специальностей» выпущен в 1998 г. [29]. Авторским коллективом (А.С. Солодовников, В.А. Бабайцев и А.В. Браиллов) написан учебник «Математика в экономике». В этих четырех книгах в основном предложены варианты применения традиционной математики в экономических задачах, что, по нашему мнению, далеко не всегда применимо в условиях рыночной неопределенности.

2. Исторические предпосылки развития и роль неформализованных методов в экономико-математическом анализе

История становления и развития экономико-математического моделирования в России знакомит нас с интересным и немаловажным опытом. В 1950-х и 1960-х гг. особый интерес к математике со стороны экономистов был вызван тем, что экономика в своем развитии, расширении количества и усложнении структуры экономических связей и технологий привела к фантастическому росту объема вычислений, которые должен был выполнять экономист. В то время потребовалось также и совершенствование вычислительных средств.

Когда производство было не очень сложным, руководство могло выбирать наилучший вариант хозяйственного решения из имеющейся совокупности решений. Все необходимые связи, ограничения, критерии могли быть отражены в его сознании и позволяли иметь целостное представление об управляемом объекте. Руководитель мог, опираясь на свой опыт и интуицию, принимать достаточно верные хозяйственные и технологические решения. Однако с усложнением объекта управления точность его отображения в человеческом сознании ухудшается. Интуиции и опыта оказывается уже не-

достаточно, приходится прибегать к математике. Именно поэтому экономика стала выдвигать большое количество задач оптимизации, представляющих интерес для математики. И, как пишет доктор физико-математических наук, более четверти века работающий в области прикладной математики и использования вычислительной техники, Н.Н. Моисеев, «и не только нам, математикам, но и многим экономистам тогда казалось, что основные вопросы экономики могут быть изучены математическими средствами» [41, с 134].

В начале 1960-х гг. получила хождение фраза неизвестного автора о том, что если даже ничего в математике не изобретать, а суметь с толком использовать в экономике все то, что уже есть в математике, то практически без капитальных затрат экономика сможет получить почти столько же, сколько дадут капиталовложения за пять лет. Впоследствии оказалось, что именно в том, как использовать математику «с толком», как придумать метод решения задачи и реализовать ее на ЭВМ, и лежит главная трудность.

Иллюзии о том, что задачи оптимизации экономики, как бы они сложны ни были, возможно решить средствами математики, породили своеобразные термины – «оптимальный план», «оптимальное планирование». Стали говорить о соответствии оптимумов общегосударственным оптимумам и т.д. «И покатила колесница экономико-математической науки по оптимизационной дороге – она сама по себе, а экономика сама по себе» [41, с 136].

Однако иллюзии о возможностях математики просуществовали не очень долго. По свидетельствам активного участника экономико-математических исследований того времени Н.Н. Моисеева, первой причиной сомнений в правильности действий оказался факт отсутствия определенных критериев оптимальности планов. Трудность заключалась в необходимости понять содержание экономических задач не с точки зрения математики (они не представляли математических трудностей), а с точки зрения возможности математически оказать влияние на экономические процессы, понять, как нужно действовать, чтобы оказать реальную помощь экономике.

Решающим оказался тот факт, который игнорируется исследователями, не осознающими, не достаточно знающими реальные экономические связи, от которых в конечном счете зависит весь успех «внедренческой деятельности». Внедрение оптимального планирования тех времен привело, как оказалось, к разрушению многих неформализованных связей, которые нельзя игнорировать. Абсолютно жесткого планирования быть не может, ибо существуют не поддающиеся учету помехи. И эти внутренние неформальные механизмы служат тем демпфером, тем регулятором, который удерживает хозяйственную жизнь в нужном русле. Нарушение этих связей немедленно отражается на согласованности действий поставщиков и потребителей. Исследователи убедились, что незнание и неучет реальных экономических механизмов может зачеркнуть любые усилия.

Опыт российских ученых показал следующее.

1. Составить целевую функцию даже для небольшого производственного организма отнюдь не просто.

2. Экономикой управляют не только планы, но и механизмы – система обратных связей, которые далеко не всегда поддаются формализации. И исследователи, особенно недостаточно образованные в экономике или недостаточно понимающие сути экономических отношений, не обладающие экономическим мышлением, диалектикой экономических процессов, без осознания ее принципов, законов, недостаточно учитывают эти механизмы при моделировании и планировании. Но именно эти законы и механизмы определяют состояние и развитие экономических систем.

Как свидетельствуют исследователи, широко применяющие математику в различных науках того времени, «...основные усилия наши были направлены в экономику. Именно здесь наши усилия были наибольшими, поиски наиболее мучительными, а результаты наименее успешными» [41, с. 143].

Среди сторонников математической экономики нередко имел место вульгарный аргумент, выражающийся в том, что математика нужна экономике, поскольку экономика часто имеет дело с цифрами. Вот как комментирует это Н.Н. Моисеев: «Многие думают, что математика – это наука, оперирующая числами. Очень немногие понимают, что математика – это также и язык формального описания, это принципы и методы исследования, использующие возможности формально логических построений, а число – чисто количественные категории – лишь одна из многих областей, где математика проявляет свое могущество. Математика как особая культура мышления, как естественная составляющая общенаучной культуры, необходимая любым наукам» [41, с. 144].

Несомненно, сказанное подтверждает огромное значение математики в научных исследованиях. Однако на практике встречается множество ситуаций, разрешение которых требует значительно большего, чем умение разрешать логические ситуации применением лишь формальных правил логики. Несмотря на богатый арсенал своих средств, в том числе и математических, формальная логика не охватывает полноценно процессы движения мысли в их диалектическом взаимодействии противоположностей, противоречиях, в развитии.

Математическая формализация нередко приводит к односторонности, чрезмерной абстрактности, абсолютизации того или иного момента в составе целого, изъятию некоторого объекта из связи его с другими с упущением целостности контекста бытия этого объекта, который только и позволяет уяснить его суть, показывая его взаимосвязи, его роль в составе целого, в динамике этого целого. В этом смысле отсутствие гибкости в математическом мышлении напоминает работу радиосхемы, за пределами которой радиоприемник закрыт для восприятия. И целостное восприятие экономики преломляется, а иногда гипертрофируется в рамках такой схемы при игнорировании необходимости ориентации схемы на решение экономических задач, а не наоборот. Эти недостатки преодолеваются диалектической логикой, которая далеко не всегда может быть выражена средствами математической науки.

Данное утверждение также согласуется с восприятием математики Пифагором, со стороны которого

требовалось, «...чтобы кандидат, стремившийся получить доступ в его школу, уже знал в виде предварительной ступени арифметику, астрономию, геометрию и музыку, которые рассматривались как четыре отдела математики (Блаватская Е. П. Тайная доктрина. Том 1. – М.: Эксмо, Харьков: Фолио, 2006. - с. 558.)

Долгое время существовали экономисты, которые вообще отвергали целесообразность использования математики в экономике, относились пренебрежительно к любым попыткам формализации в ней. Рецидивы этих взглядов встречаются и теперь. Другие, например, Э. Экланд, подвергали критике математическое моделирование за малую эффективность [81]. В политэкономии советского периода существовало мнение о том, что математическая формализация ограничивает природу экономических показателей, делает их нереальными, искажает экономические процессы. Математические формы во многих случаях не позволяют всесторонне раскрыть экономическую сущность явлений, полноценно отразить развитие экономических систем. В общем, и такая точка зрения не лишена оснований, но истинность ее относительна.

Для экономико-математического моделирования сложных процессов и систем их следует разбить на составляющие элементы и далее изучать, моделировать каждый элемент в отдельности, применяя к нему модели меньшего объема и сложности в сочетании с различного рода расчетами и экспертными оценками. Такой подход, собственно, и является основной функцией экономического анализа. Анализ (от греч. *analisis*) буквально означает расчленение, разложение изучаемого объекта на части, элементы, на внутренне присущие этому объекту составляющие (мысленные и реальные).

Экономические процессы, не поддающиеся математической формализации, каким-либо расчетам по обоснованию решения из-за недостатка, неполноты и недостоверности информации и т.п., потребовали применения теории игр, теории графов, имитационного моделирования и др. Их также анализируют с помощью неформального системного анализа. Такой анализ связан с эвристическими методами и моделями, которые представляют собой специальный класс методов и моделей, позволяющих использовать накопленный опыт решения вариантов задач планирования и управления, некоторые упрощения, правила и приемы, направленные на улучшение получаемых результатов, и др. Это неформализованные методы описания хозяйственных процессов и решения экономических задач на основе интуиции, прошлого опыта, экспертных оценок и др.

Особенностью эвристических методов и моделей является отсутствие строгих математических доказательств оптимальности получаемых решений. Оценка приемлемости результата в них оценивается экспертными методами.

Обработка количественных оценок группы экспертов позволяет получить более достоверные данные и новую информацию, не содержащуюся в явном виде в суждениях экспертов и позволяющую по-

строить эффективные модели интуитивно-логического анализа в сочетании с количественными методами оценки и обработки.

Среди методов экспертных оценок наибольшее распространение получили методы Дельфи, Дельфи-ПЕРТ, СИИР, ПАТТЕРН, Форкаст, ранга, прогнозного графа, комиссий, комитетов, парных сравнений, оценок по интегральному рейтингу и др.

Метод Дельфи с его модификациями Дельфи-ПЕРТ, СИИР и др. признается в качестве основного, с методической стороны наиболее апробированного. Дельфи, дельфийский метод, метод дельфийского оракула происходят от названия местечка Дельфи, где жили оракулы-прорицатели при храме бога Аполлона (Древняя Греция). Слово главного оракула принималось за истину в последней инстанции [8, с. 213]. Разработчиками метода Дельфи, как и метода ПАТТЕРН и Форкаст, были фирмы из США «РЭНД Корпорэйшн» и «Хониуэлл».

В сфере товарного обращения метод Дельфи был применен М.И. Бакановым в сравнительном анализе качества работы и торгового обслуживания [9, с. 152]. Этот метод был использован и при моделировании выбора товарного ассортимента или промышленной продукции в условиях неопределенности и риска [68, с. 65-68].

Метод ПАТТЕРН был разработан в 1962-1964 гг. Его название складывается из первых букв английских слов, которые означают помощь планированию посредством количественной оценки технических данных. Этот метод предполагает расчленение изучаемой проблемы на ряд подпроблем, элементов, задач, рассматриваемых экспертами. На основе полученных составляющих строится дерево решений. В процессе экспертизы по методу ПАТТЕРН определяют также коэффициенты важности каждой задачи, каждого элемента.

В анализе хозяйственной деятельности в торговле ПАТТЕРН нашел применение в сравнительном анализе социального развития торговых коллективов, разработанном М.И. Бакановым [5, с. 218-220]. Описание организации и проведения экспертных оценок, эвристические методы решения задач планирования на машиностроительных предприятиях представлено в коллективной работе А.И. Ларионова, Т.И. Юрченко, А.Л. Новоселова [34, с. 137-146, 174-235]. К методу экспертных оценок ПАТТЕРН В.А. Черновым была предложена некоторая модификация для возможности его применения в условиях неопределенности в анализе риска инвестиционных программ [68, с. 77-89].

Для количественного анализа инвестиций в производство, когда данные, особенно при разработке крупных проектов, можно получить лишь экспертным путем и когда прогноз определяется не в виде определенного значения, а посредством задания возможного интервала чисел, в пределах которого сообщается прогнозируемый результат, рекомендуется интервальное экспертное прогнозирование [77, с. 208-223]. Для этого метода характерно составление интервальных экспертных прогнозов с наделением их субъективными вероятностями.

Для экспертного прогнозирования создана и более сложная методика, которая получила название прогнозирования на проблемных сетях [24]. Данная методика позволяет получить обобщенные экспертные оценки группы экспертов, специалистов в разных областях знаний. Каждый эксперт выдает оценку своего участка проблемной сети в виде статистического распределения прогнозируемого параметра.

Метод комитетов – метод получения итоговой оценки, основанный на сопоставлении каждому критерию своего веса; каждому ответу – определенного, возможно, дробного, числа баллов; каждой альтернативе – числа – суммы умноженных на число баллов весов критериев. Альтернатива считается принятой, если ее число удовлетворяет некоторому правилу.

Таковыми правилами могут быть:

- правило большинства – альтернатива должна иметь самое большое число;
- правило порога – альтернатива должна иметь число, не меньшее, например, 80% от максимально возможной оценки;
- правило отрыва – альтернатива должна иметь отрыв от ближайшего соседа не менее некоторого порогового значения [62, с. 21, в этой статье также рассмотрен пример метода комитетов].

Метод комитетов применяется для сравнения нечетких критериев, например, доли рынка, степени новизны продукции, ее привлекательности для покупателей, типа конкуренции.

Для выбора привлекательности того или иного инвестиционного проекта можно использовать экспертно-аналитические оценки по интегральному рейтингу, при котором селекция альтернатив осуществляется посредством процедуры, реализуемой за ряд этапов (шагов). Этот метод экспертных оценок изложен в составе рекомендаций классификации предприятий по уровням финансовой состоятельности и инвестиционной приоритетности [82, с. 526-529]. Его основными достоинствами являются возможность включения в анализ:

- неограниченного числа предприятий и их параметров;
- предприятий различных отраслей с одинаковым составом параметров;
- темповых (относительных) характеристик параметров наряду с их абсолютными значениями;
- весовых характеристик параметров (коэффициентов значимости).

Еще один тип идей моделирования неопределенностей связан с работами американского исследователя Л. Заде. В начале 1960-х гг. он начал изучать так называемые квазимножества, характеристическая функция которых могла реализовываться любыми способами, средствами, формами. В дальнейшем он ввел понятие лингвистических переменных – качественных характеристик (типа красное, желтое, старый, сильный, слабый, умный» и т.д.). Между ними не было количественных соотношений упорядоченности. Допускалось употребление лингвистических сравнений (более красное, менее красное, сильный, сильнее).

Тут мы наблюдаем процесс, обратный первым попыткам использования математических методов в экономике, – утверждениям У. Петти (1623-1687),

который указывал на необычный для того времени способ исследования, в котором вместо употребления слов только в сравнительной и превосходной степени и умозрительных аргументов было предложено выражать свои мнения на языке чисел, весов, мер [53, с.156]. Вновь мы наглядно наблюдаем диалектический закон единства поступательности и преемственности в развитии по спирали, возникновения нового и относительной повторяемости некоторых моментов старого, но на более высоком – усовершенствованном – уровне развития. Качественные характеристики лингвистических переменных и есть повторение дочисловых способов исследования, но на уровне современных потребностей и достижений.

Таким образом формировался некий аппарат, способный объединить формальные и неформальные методы анализа, аппарат гибкий, позволяющий делать то, на что классические методы были неспособны.

Впоследствии эти подходы превратились в стройную теорию лингвистических переменных, которая содержит, помимо общих фактов, также и целый ряд приемов решения прикладных задач, содержащих неопределенности [21]. Формально эти подходы напоминают введение интуитивных вероятностей и могут рассматриваться как своеобразные методы обработки экспертных оценок. Их связывают также с теорией нечетких множеств, которая создана в 1960-е гг. для решения утилитарной задачи распознавания образов. В последнее время теория нечетких множеств имеет приложения в различных областях науки и хозяйственной деятельности – от управления сложными технологическими процессами до исследований по созданию искусственного интеллекта в ЭВМ. В теории экономического анализа теория нечетких множеств нашла, например, отражение в одном из параграфов, принадлежащих А.Н. Ващекину в учебнике М.И. Баканова и А.Д. Шеремета «Теория экономического анализа» [8, с. 184-190]. Работа с нечеткими категориями описана также Н.Н. Тренивым [62, с. 22].

Создание и развитие концепций, подобных теории игр, теории нечетких множеств, экспертных оценок и т.п. расширяет возможности для использования математических методов в экономической науке.

Конкретизация абстрактных положений теории принятия решений относительно управления экономикой, с одной стороны, и обобщение разработок конкретного познания хозяйственных процессов в рамках анализа хозяйственной деятельности – с другой, создают основу для качественного скачка в развитии управленческого анализа, состоящего в синтезе данных подходов. Существует отрасль науки, которая претендует на подобный синтез, – это исследование операций. *Исследование операций* – это совокупность методов, предлагаемых для подготовки и нахождения наиболее эффективных решений.

Основоположниками данной научной дисциплины считаются Ф.М. Морз и Д.Е. Кимбелл. По их определению, «исследование операций представляет собой научный метод, дающий в распоряжение военного командования или другого исполнительного

органа количественные основания для принятия решений по действию войск или других органов, находящихся под его управлением». Ф. Морз и Д. Кимбелл утверждали, что исследование операций является прикладной наукой, применяющей все известные научные методы для решения специфических проблем, являющихся основой для принятия решений исполнительным органом [42, с. 21-22]. Именно это свойство сделало целесообразным их применение в управленческом анализе, так как оно позволяет моделировать экономические процессы.

В начале применения методов исследования операций их использовали для математической формализации решения лишь отдельных управленческих задач, но впоследствии связь этих методов с принятием управленческих решений становилась все более тесной: «Помимо развития «классических» направлений, исследование операций начало тесно переплетаться с другими направлениями исследовательской деятельности, связанными с проблемами принятия решений» [59, с. 9]. В настоящее время невозможно провести четкую границу между исследованием операций и теорией управления. Кроме того, множество вопросов этой теории возникли под воздействием идей исследования операций. К таким вопросам относятся вопросы управления при наличии многих критериев.

Исследование операций в экономическом управлении сводится к совокупности математически формализованных приемов решения задач. Под исследованием операций в экономическом анализе понимаются разработка методов целенаправленных действий (операций), количественная оценка полученных решений и выбор из них наилучшего. Предметом исследования операций являются экономические системы, в том числе производственно-хозяйственная деятельность предприятий. Целью является такое сочетание структурных взаимосвязанных элементов систем, которое в наибольшей степени отвечает задаче получения наилучшего экономического показателя из ряда возможных [8, с. 96]. Исследование операций стало основой для зарождения и развития наиболее современных экономико-математических методов, таких как математическое программирование, теория массового обслуживания, теория игр, теория графов, имитационное моделирование и др. Среди отдельных работ в этой области известно учебное пособие – совместный труд Н.Ш. Кремера, Б.А. Путко, И.М. Тришина, М.Н. Фридмана и др. «Исследование операций в экономике» [31].

Теория игр – это теория математических моделей принятия оптимальных решений в условиях неопределенности, противоположных интересов различных сторон. Именно это свойство метода позволяет в той или иной мере формализовать диалектические противоречия динамических процессов. Исследование игровых ситуаций проводилось многими учеными, основное внимание которых было направлено на создание понятий оптимального поведения игроков, на методы отыскания лучших стратегий.

Теория игр превратилась в начале века в одно из направлений математики благодаря работам фран-

цузского математика Э. Бореля. Отдельные работы этого направления были опубликованы еще в 1920-е гг. Основные идеи современной теории игр и ее основополагающие результаты были сформулированы в 1930-е гг. Дж. фон Нейманом. Он доказывает основную теорему матричных игр. С этого времени теория игр стала развиваться более интенсивно. Подробное изложение теории игр было представлено Нейманом и Моргенштерном в 1944 г. Ими была подробно развита теория матричных игр, установлена их глубокая связь с задачами математического и, прежде всего, линейного программирования, а следовательно, и с экономикой. Кроме О. Монгерштерна и Д. Неймана, существенный вклад в эту теорию среди зарубежных ученых внесли Д. Нэш, А. Таккер, С. Шепли. Среди советских ученых большие достижения получены Н.Н. Воробьевым, Ю.Б. Гермейером. По данной тематике также были изданы монография Р. Айзекса «Дифференциальные игры» [2], книга И.Н. Красовского «Игровые задачи о встрече движений» [28], книга Г. Оуэна «Теория игр» [49], книга американских авторов Т. Партхасаратхи и Т. Рагхаван «Некоторые вопросы теории игр двух лиц», изданная в Нью-Йорке в 1971 г. (русский перевод 50); «Теория игр» А.В. Крушевского [32]. Основные исходные посылы теории игр, ее неформальные аспекты и разнообразные конкретные ситуации, демонстрирующие возможности предлагаемых методов, подробно изложены в монографии Ю.Б. Гермейера «Игры с противоположными интересами» [18].

Особое внимание обращают на теорию игр военные специалисты и экономисты. В экономике торговли теория игр нашла применение в работах Н.И. Щедрина; А.Н. Кархова [80]. В экономическом анализе предприятий торговли теория игр использована в работах проф. М.И. Баканова [7]. Позднее она нашла отражение также в работах А.А. Спирина, Г.П. Фомина [60]. Введение в математическую теорию игр для экономистов изложено О.Ю. Шибалкиным [22], а элементы теории игр описаны в последних работах М.Н. Фридмана [23, с. 173-197], В.В. Федосеева [64, с. 326-333].

Практическое применение теории игр в современном экономическом анализе в условиях рыночной неопределенности и риска описано в работах [68; 75, с. 187-194].

Имитационное моделирование. Классические методы и модели для множества задач, возникающих в условиях рыночной неопределенности и риска, оказываются недостаточными и по ряду других, не ученных здесь причин.

1. Во-первых, в системе рыночной экономики мировая экономическая наука столкнулась с необходимостью изучать весьма сложные объекты и процессы, для которых нет и не предвидится в ближайшем будущем целостной теории, позволяющей использовать имеющийся математический арсенал классических методов и моделей. Риск и неопределенность рыночных отношений возникают в результате взаимодействия многочисленных объектов, внутрифирменных и межхозяйственных процессов. Способы взаимодействия и количество объектов, подлежащих анализу, нередко определяются в ходе самого процесса.

2. Во-вторых, если даже математические модели и могут быть построены и имеются методы их решения, все же в ряде случаев они остаются непригодными из-за огромного объема различных операций, которые необходимо выполнить, а это не позволяют обстоятельства или недостаток информации.

3. В-третьих, возникают ситуации, когда хорошей на первый взгляд моделью системы является определенный метод, например, задача линейного программирования. Однако процессы, происходящие в реальной экономической системе, не поддаются формализации в данном методе (слабоструктурируемые или неструктурируемые системы).

Перечисленные причины привели к возникновению и развитию имитационных методов и моделей, позволяющих моделировать (чаще с использованием ЭВМ) систему, связанную с большим числом взаимодействующих подсистем и объектов. Конструкция игровой имитационной модели была разработана пионером советских имитационных игр М.М. Бирштейном в 1930-е гг. [11]. Последующий толчок имитационное моделирование получило в ходе реализации авиакосмических программ. Позже область его применения значительно расширилась. Имитационное моделирование стало применяться в обществоведении [93, 90], международных отношениях [93, 95], науке поведения [96, 105], маркетинге [85, 99], коммерческой деятельности [100, 102, 92], экономике ([103], есть русский перевод [43], [104]), политике [87], на транспорте [97], в системе образования [86], в кадровой политике, в области соблюдения законности, в исследовании проблем городов и глобальных систем, а также во многих других областях; что свидетельствует о росте использования и распространения влияния имитационного моделирования в самых различных сферах жизни и деятельности общества.

Имитационные методы представляют собой вычислительную процедуру, формализовано описывающую изучаемый объект и имитирующую его поведение. Для имитационного моделирования характерна имитация элементарных явлений, составляющих исследуемый процесс, с сохранением логической структуры, последовательности протекания во времени, характера и состава информации о состоянии процесса. Модель по своей форме является логико-математической (алгоритмической).

Имитационные методы анализа представляют собой проведение экспериментов не с самим изучаемым объектом, а с его математической моделью, реализуемой на ЭВМ. Эксперименты с математической моделью помогают в выборе оптимальных решений [9, с. 18]. Методика и примеры имитационного моделирования представлены в работах [69, с. 34; 73, с. 73-98, 139-227; 72, с. 125-128].

В построении имитационной модели нередко применяются методы неформального системного анализа, решаемые рабочей экспертной группой, эвристические методы. При этом они играют большую роль. Связь этих и других методов с имитационной моделью образует имитационную систему, представляющую совокупность моделей, имитирующую изучаемые явления и системы внутреннего и внешнего обеспечения.

«Мы пришли к концепции имитационных систем не из общих соображений. На определенном этапе мы необходимо должны были столкнуться с проблемами, в которых полная формализация невозможна, и мы необходимо должны были прийти к идее имитационных систем, – пишет Н.Н. Моисеев. – Имитация оказалась едва ли не единственным средством преодоления трудности сочетания методов формального и неформального мышления. Получив в руки это могучее оружие, мы естественным образом стали пускать его в дело. И нам стали «поручаться» все более и более сложные проблемы [41, с. 170].

Одной из главнейших современных проблем, связанных с развитием производства, является экологическая проблема. Именно имитационное моделирование позволяет системно учитывать и способствовать решению этой проблемы. Исследователи, совмещающие математику с экономикой, обратили внимание и на эту проблему. Об этом свидетельствует один из активных участников исследований в области экономико-математического решения экологических проблем: «Занятия экономикой нас неизбежно должны были привести, и это случилось, к общим экологическим проблемам, к проблемам взаимодействия человека и окружающей среды. Проблемы человек – биосфера всегда носят системный, междисциплинарный характер» [41, с. 170-171]. И в этих проблемах еще более необходима культура моделирования, профессиональное понимание современных методов обработки информации.

Далеко не последнюю роль в сохранении природы играет и увеличение эффективности производства и обращения товаров, которому служат модели экономического анализа. Ведь чем выше эффективность хозяйственных процессов, тем экономнее расходуются природные ресурсы. К тому же в основе безотходных технологий лежит именно принцип повышения эффективности производства и потребления.

Таким образом в экономико-математическое моделирование обеспечивает управление процессом экономических и социальных изменений, при котором эксплуатация природных ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений.

Этот процесс соответствует появившейся позже концепция устойчивого развития. Термин «устойчивое развитие» (англ. sustainable development) был введен в широкое употребление Международной комиссией по окружающей среде и развитию (Комиссия Брунтланд) в 1987 году.

В общем под устойчивым понимается такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять их собственные потребности.

Суть и содержание этой концепции – ни что иное как комплексный поход в экономическом анализе, так как «Системность, комплексность анализа вы-

ражается... ..в органическом восприятии объектов анализа – как экономических, социальных и экологических» [8, с. 18]. Таким образом, появившаяся концепция устойчивого развития не является новой для комплексного экономического анализа и его методологии,

Наука моделирования открывает возможности имитации процессов глобального характера, позволяющих оценивать следствия крупномасштабных экономических акций. И вклад машинных математиков видится, прежде всего, в том, чтобы научиться объединять в единой имитационной системе модели взаимосвязанных процессов разной физической и биологической природы.

Концепция человеко-машинного диалога, возможности имитационных систем и машинного эксперимента позволяют выбирать в качестве объектов исследования вопросы такой сложности, о которых раньше мы не могли и говорить серьезно. И самое главное, что открывает нам эта методика экспериментирования с ЭВМ, – это возможность построения синтетических теорий, объединяющих экономическую, социально-политическую и естественнонаучную проблематику.

И хотя проблемы синтеза экономических и естественнонаучных знаний, необходимость разрешения которых сейчас постепенно начинает осознаваться, не разрешены, программы развития и согласования разных интересов глобального характера еще не нашли совершенного развития, инструменты, позволяющие сопоставлять стратегии развития человеческой цивилизации еще не созданы, но определенные шаги в этом направлении уже сделаны. По крайней мере мы можем, например, утверждать, что еще в 1970-х гг. была создана реально действующая учебная модель биосферы, реализованная в форме системы программ, записанная на фортранте. Эта модель – плод совместных усилий Вычислительного центра АН СССР и Вычислительного центра ИРА АН СССР. В ее основу положено описание глобальных процессов циркуляции вещества и энергии [41, с. 177].

И в этом смысле экономико-математическое моделирование является инструментом решения общих экологических проблем, проблем взаимодействия человека и окружающей среды человек – биосфера, к решению которых призывает концепция устойчивого развития.

Имитационное моделирование и искусственный интеллект. Общее знакомство с научными достижениями в области использования систем имитационного моделирования говорит о потенциальных возможностях построения и применения моделей как в макроэкономике, так и для решения задач более узкого порядка – частных проблем управления экономикой (на микроуровне), не исключая их взаимосвязи с более общими и глобальными последствиями. Приоритетным направлением исследования последнего времени в области информатики, вычислительной техники, автоматизации систем управления является формирование систем искусственного интеллекта, отдельные разработки которых применяются в космической и военной про-

мышленности. Эти системы способны на решение не только наиболее сложных глобальных проблем, но и могут создаваться в аспекте автоматизации работы предпринимателей для обеспечения максимальной ее эффективности, адекватности реальной среде и выработки оптимальных решений.

Предпосылки создания искусственного интеллекта можно отнести к периоду, когда с усложнением производства все необходимые его связи, ограничения, критерии не могли быть отражены в сознании руководителя и не позволяли иметь целостное представление об управляемом объекте, когда интуиции и опыта оказывалось недостаточно. Вот тогда потребовался новый уровень интеллекта – экономико-математические расчеты и модели. Автоматизация этих моделей, расчетов позволяет обрабатывать информацию без участия человеческого мыслительных способностей, т.е. создает искусственный интеллект, который способен на основании исходной информации вырабатывать решения в соответствии с установленными в персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ) алгоритмами обработки информации. По сути это автоматизированное в системах ЭВМ экономико-математическое моделирование. Построение и развитие систем искусственного интеллекта представляется возможным именно на базе систем имитационного моделирования.

Подробное и полное изложение имитационного моделирования представлено в работах Р. Шеннона [78], Н.П. Бусленко [13]. Методы статистического имитационного моделирования были описаны проф. Н.Б. Мироносецким в учебном пособии авторского коллектива под ред. А.Г. Гранберга «Статистическое моделирование и прогнозирование» [40, с. 223-246]. Рекомендации имитационного моделирования производственных систем и примеры построения имитационных моделей даны в совместной работе В.С. Иозайтиса и Ю.А. Львова «Экономико-математическое моделирование производственных систем» [25]. Имитационная модель цеха механообработки была предложена в книге А.И. Ларионова, Т.И. Юрченко, А.Л. Новоселова «Экономико-математические методы в планировании» [34].

В анализе хозяйственной деятельности методика имитационного моделирования представлена в книге англичанина Р. Томаса [61, с. 311-338]. В отечественном экономическом анализе имитационные методы впервые использованы в анализе инвестиционного риска в условиях рыночной неопределенности в работе В.А. Чернова «Анализ коммерческого риска» [68, с. 75-88, 58-59], выпущенной под редакцией М.И. Баканова.

Нередко в имитационном моделировании используют модели, основанные на графах. Практическая роль графических методов и моделей особенно возросла в управлении экономикой в настоящее время в связи с автоматизацией вычислений и последующих отображений их результатов на графо-построителях, экранах дисплеев или выведенных на печать в виде различных сетей (сетевых моделей), деревьев решений, деревьев цели – мероприятия, графиков (Ганта) и других форм.

Теоретической основой применения графических методов и моделей, по мнению В.М. Цимбалова [67, с. 47] является прежде всего теория графов. Граф – это схема, состоящая из заданных точек (вершин), соединенных системой линий. Данная теория зародилась в XVIII в. как математическая задача Эйлера о прогулке по замкнутому маршруту в прусском городе Кенигсберге. Город был расположен на берегах и двух островах реки Преголи. Острова между собой и с берегами были связаны семью мостами. Жители города любили размышлять над проблемой: можно ли, выйдя из дома, вернуться обратно, пройдя по каждому мосту только один раз? [10, с. 15-16].

Теория графов была развита в XIX в. в связи с возникшей в Англии математической задачей о четырех красках, решенной лишь недавно. Формулировка этой задачи чрезвычайно проста и не соответствует всей глубине и сложности проблемы: можно ли на любой политико-административной карте раскрасить страны так, чтобы никакие две страны, имеющие общую границу, не были бы раскрашены одинаковой краской, и чтобы были использованы всего четыре краски? Причем если две страны граничат по точке, то они не считаются имеющими общую границу. В XX в. теория графов прошла определенные стадии формирования и была признана самостоятельной дисциплиной.

В отечественном анализе экономических задач теория графов нашла применение в 1975 г. в исследовании З. В. Алферовой [3]. В экономике теория графов используется в основном в сетевых методах планирования. Она отражена в работах Н.И. Щедрина и И. Кархова «Экономико-математические методы в торговле» [80], профессора Н.Б. Мироносецкого, излагающего процессы моделирования с использованием графов в учебном пособии авторского коллектива под ред. А.Г. Гранберга «Статистическое моделирование и прогнозирование» [40, с. 223-246]; А.И. Ларионова, Т.И. Юрченко, А.Л. Новоселова «Экономико-математические методы в планировании» [34], Н.Ш. Кремера «Исследование операций в экономике» [31]; В.В. Федосеева «Экономико-математические методы и прикладные модели» [64]; английского автора Р. Томаса «Количественные методы анализа хозяйственной деятельности» [61, с. 347-391]; работах Н.Н. Тренева [62, 63] и др.

В теории экономического анализа теория графов была применена проф. М.И. Бакановым при решении конкретных аналитических задач [8. С. 149-152]. Практические методики применения теории графов в экономическом анализе для выбора товарного ассортимента или продукции производства в условиях рыночной неопределенности и риска, а также в анализе риска для инвестиционных программ разработаны В.А. Черновым [68, с. 65-69, 76-89].

В задачах с априорной неопределенностью, при прогнозировании ситуаций с изменением внешних условий для перспективного определения последствий исследуемого процесса нужен соответствующий подход, построение адаптивных стратегий и политик, использующих взамен априорных сведе-

ний вероятностные характеристики факторов внешней и внутренней среды функционирования предприятия, требуются адаптивные методы, учитывающие неравномерность уровней временного ряда.

Адаптивные модели прогнозирования – это модели дисконтирования данных, способные быстро приспосабливать свою структуру и параметры к изменению условий.

При оценке параметров адаптивных моделей наблюдениям (уровням ряда) присваиваются различные веса в зависимости от того, насколько сильным признается их влияние на текущий уровень. Это позволяет оценивать изменения в тенденции, а также любые колебания, в которых прослеживается закономерность. Согласно утверждению В.В. Федосеева, адаптивные модели базируются на двух схемах: скользящего среднего (СС-модели) и авторегрессии (АР-модели). Причем в практике статистического прогнозирования наиболее часто используются две базовые СС-модели – Брауна и Хольта, первая из них является частным случаем второй.

Общая схема построения адаптивных моделей может быть представлена следующим образом. По нескольким первым уровням ряда оцениваются значения параметров модели. По имеющейся модели строится прогноз на один шаг вперед, причем его отклонение от фактических уровней ряда в момент совершения прогноза расценивается как ошибка прогнозирования, которая учитывается в соответствии с принятой схемой корректировки модели. Далее по модели со скорректированными параметрами рассчитывается прогнозная оценка на следующий момент времени и т.д. Таким образом, модель постоянно впитывает новую информацию и к концу периода исследования отражает тенденцию развития процесса, существующую в данный момент [64, с. 216-228]. Помимо указанного источника, адаптивные методы прогнозирования изложены в прикладной статистике и эконометрике [1, с. 896-906].

3. Возможности и особенности применения отдельных прикладных теорий в управленческом моделировании

В экономико-математических методах, помимо указанных ранее, можно использовать номографию, технический анализ, числа Фибоначчи и коэффициенты в золотом сечении, теорию устойчивости, топологическую теорию динамических систем, теорию катастроф с ее бифуркациями, возмущающими факторами (шумами), турбулентными или ламинарными видами движений экономической системы, установившимся режимом движения в виде аттрактора (притягателя). Каждый из рассматриваемых методов имеет специфику, требующую оценки возможностей их применения в анализе хозяйственной деятельности, к чему мы приступаем в настоящем разделе.

Номография. В исследовании способов и средств моделирования нами рассмотрена возможность применения номографии [51]. Номография – это раз-

дел математики, изучающий теорию и способы построения особых чертежей, называемых номограммами, с помощью которых можно, не производя вычислений, получать решения вычислительных задач.

Большинство вычислений, производимых в экономике, состоит из повторного применения ограниченного количества формул к различным данным условиям и связано лишь с подстановкой различных переменных в тождественные уравнения. Всякие механические средства для ускорения выполнения этих операций ведут не только к сбережению времени и умственного труда, но и уменьшают вероятность ошибки, а следовательно, уровень риска.

Подобным средством является номограмма. До настоящего времени номография находила применение в технических исследованиях и разработках. В экономике номограммы не применялись. Слово «номография» греческого происхождения, оно означает графическое изображение закона. Первые номограммы были разработаны во Франции, а название «номография» принято в 1890 г. Международным математическим конгрессом в Париже.

Наиболее законченное и основательное изложение предмета номографии впервые было представлено Maurice d'Ocagne в работе «Traite de Nomographie» [89]. Хотя работы по данной тематике публиковались и раньше [98, 88]. На английском языке руководство по этому предмету достаточно полно было изложено Дж. Б. Педл в августе 1910 г. Эта книга переведена на русский язык и издана в России в 1913 г. [51]. Среди более поздних работ по номографии в СССР были книги Л.С. Блоха «Практическая номография» [12]; Г.С. Хованского «Основы номографии» [66] и др.

Номограммой называется геометрическое представление функции двух или более переменных посредством ряда элементов (точек, прямых или кривых), обозначенных числами, дающее, подобно числовой таблице, возможность находить соответствующее значение функции по данным значениям переменных.

В состав элементов номограммы входят: шкалы, бинарные поля, семейства линий, отдельные линии и точки. Шкалы мы встречаем на измерительных линейках, термометрах, в различных физических приборах. Типичным примером бинарного поля является сетка из параллелей и меридианов на географической карте.

Номограммы позволяют компактно представлять функции многих переменных и таблицы с несколькими входами. Точность результатов, найденных по номограмме, вполне достаточна для большинства задач экономической практики. При недостаточности точности учета взаимозависимостей в условиях рыночной неопределенности, номограммы можно использовать для прикидочных расчетов. Даже приблизительные расчеты при правильном выборе модели и соответствии параметров способны обеспечить большую вероятность практической адекватности, чем принятие решений наугад.

Номограммы можно применять не только для вычислений, но и для исследования положенных в их основы функциональных зависимостей. Так, с помощью номограмм можно выявить влияние одних пара-

метров на другие, исследовать экстремальные свойства и даже обнаружить ранее неизвестные особенности функциональных зависимостей. Эти свойства номограмм обнаруживают возможность их использования в экономическом анализе с максимальной практической пользой. С помощью номограмм возможно моделирование закономерностей экономических процессов, а также проведение на их основе экспериментов, анализа взаимодействия факторов и результатов и оптимизации управленческих решений.

В общих чертах использование номограммы осуществляют следующим образом. На шкалах, в бинарных полях или семействах линий находят заданные точки или линии. Затем выполняют простейшие геометрические операции, предписанные ключом пользования, и находят одну или несколько ответных точек на шкалах, в бинарных полях или семействах линий, которые отражают один или несколько ответов соответственно.

Номограммы делятся на элементарные и составные:

- элементарными называют номограммы, в которых ответ или ответы находят в результате выполнения одной геометрической операции;
- составными называют номограммы, образованные из нескольких элементарных номограмм одного и того же или разных типов.

Простейшим примером одной из форм номограмм является равномерная шкала. На ней расстояние между каждыми двумя соседними штрихами постоянно. Иначе говоря, на равномерной шкале все деления имеют одинаковую длину и одну и ту же цену. Это обстоятельство дает возможность применения равномерной шкалы по принципу логарифмической линейки, например, в моделировании и анализе аннуитетов. Но кроме простейших видов, номограммы могут быть самыми разнообразными и сколь угодно сложными, в зависимости от потребностей решаемых задач.

Важными достоинствами номограмм являются их дешевизна, доступность, простота пользования, наглядность и быстрота получения ответов. Однако при исследовании возможности применения номографического моделирования в различных экономических задачах мы пришли к выводу, что функции, которые можно анализировать с помощью номограмм, алгоритмы этих функций, отображаемые в номограмме для получения решения вычислительных задач, в большинстве случаев могут быть набраны в приложении «Microsoft Excel» к программе «Microsoft Office». Алгоритмы набранных функций и без построения номограмм позволяют автоматически получать решения в результате ввода или изменения исходных данных, без каких либо вычислений. С помощью встроенных операций «поиск решений», «подбор параметра», «мастера функций», «мастера диаграмм» в «Excel» можно также выявлять влияние одних параметров на другие, исследовать экстремальные свойства и обнаружить ранее неизвестные особенности функциональных зависимостей, введенных в ячейки электронных таблиц.

Сказанное позволило нам убедиться в том, что, с одной стороны, возможность использования ПЭВМ для автоматического конструирования, расчета и вычерчивания номограмм с помощью графопостроителей, пользовательской программы «Mathcad» позво-

ляет сделать применение номограмм наиболее доступным и эффективным для пользователя. Но с другой стороны, несмотря на эти возможности ПЭВМ, мы получили основание утверждать, что использование более простого, чем «Mathcad», приложения «Excel» с его естественным, доступным для пользователя-непрограммиста языком программирования и расчетов в электронных таблицах в большинстве случаев моделирования снимает необходимость не только ручного, но и машинного построения номограмм даже в наиболее удобных для номографии программах.

Вместе с тем номограммы могут использоваться как наглядное иллюстрирование множественных взаимосвязанных процессов, протекающих одновременно в экономической системе. Номограмма способна охватывать комплекс процессов в их системной взаимосвязанности, изображать их на едином носителе в виде монитора компьютера или на экране оператора, что позволит проводить мониторинг важных хозяйственных процессов и явлений в режиме реального времени. Эти возможности номографии могут быть применены в управленческом, маркетинговом, техническом анализе.

Технический анализ. В маркетинговой деятельности получил развитие так называемый технический анализ. История западного технического анализа началась с заметки в журнале «Wall Street Journal», опубликованной Ч. Доу в начале 1890-х гг. Ч. Доу – основатель американского информационного концерна Dow Jones & Company. К тому времени Доу был уже хорошо известен широкому кругу бизнесменов как один из создателей индекса Доу-Джонса (средний показатель курсов акций группы крупнейших компаний США, публикуемый американским информационным концерном «Dow Jones & Company»). В конце XIX в. индустриальный и транспортный индексы имели свою историю и отлично прижились. Поскольку колебания индексов были важными для заключения биржевых сделок, сразу же возникла необходимость в их прогнозировании. В своей статье Доу изложил ряд принципов, с помощью которых, по его мнению, можно было вступать в сделки на покупку и продажу без особенного риска. Также в конце XIX в. впервые были сформулированы и первые понятия технического анализа: тренды, уровни сопротивления, поддержки и т.п.

Принципы Ч. Доу используются почти во всех методах современного технического анализа в неявном виде. К сожалению, Чарльз не опубликовал свои работы отдельной книгой, его идеи нашли отражение в ряде статей Wall Street Journal. Термин «теория Доу» появился уже после его смерти, он был введен аналитиками, систематизировавшими труды Чарльза. Поэтому Доу называют «дедушкой технического анализа».

Но не только теория Доу, но и многие другие графические теории и методы были признаны в полном объеме только после смерти их создателей. Это связано с всплеском интереса к техническому анализу во второй половине 1970-х гг., сохранившимся до настоящего времени. Большинство из графических теорий названы по имени своего автора.

У. Ганн, легендарный трейдер первой половины XX в., создал довольно сложную комбинацию геометрически-алгебраических принципов, которые с успехом использовал при торговле на зарождавшихся фьючерсных рынках. Они привлекали огромное внимание сразу после публикации, и впоследствии Ганн создал специальный учебный центр.

Применяющийся в техническом анализе способ ведения ценового графика как крестиков-ноликов и соответствующие принципы прогнозирования были известны В. де Вилльером в 1930-х гг. и получили большую популярность при его жизни. Сейчас и график, и сами принципы используются гораздо реже, что связано, по всей видимости, с тем, что они оказались не универсальными.

Почти все классические фигуры технического анализа были открыты в первой половине XX в., но их авторство установить довольно сложно.

Популярным среди западных трейдеров с конца 1980-х гг. стал метод японских свечей. Один из первооткрывателей метода С. Нисон заработал на нем большие деньги. Японские свечи работоспособны, но, по мнению А. Эрлих [84, с. 23], возможности, заложенные в этом методе, до сих пор вряд ли осознаны в полной мере. Сам метод был создан в XVII в. японцами, торговавшими «пустыми корзинами риса». «Пустая корзина» – тот же фьючерс, и графическая запись его цены представляет собой «свечу» или «подсвечник». В зависимости от цвета, формы и расположения свечей составляется прогноз будущего движения цены. Интересно отметить, что более чем за три века существования метод японских свечей в основе своей не изменился. Все современные информационные системы представляют трейдерам графики этого типа.

Бум технического анализа в 1970-х гг. и был прежде всего связан с развитием компьютерной техники. Трейдеры получили отличный инструментарий, работающий настолько просто, что почти не требует размышлений над анализом возникших сигналов (а только о том, насколько им стоит доверять). Пользователи такого инструментария, осцилляторов и скользящих средних, обязаны таким выдающимся создателям, как У. Уайлдер, Дж. Лейн, Л. Уильямс.

Классическое определение технического анализа сформулировано в начале 1980-х гг. трейдером и аналитиком Дж. Мерфи. Это известный и активный в мире технического анализа специалист, автор первого в своем роде учебника по теории технического анализа [101]. Результат систематизации методов и оформления технического анализа как отдельной прикладной науки в большей степени принадлежит Дж. Мерфи и Р. Прехтеру.

Технический анализ – это метод прогнозирования цен с помощью рассмотрения графиков движений рынка за предыдущие периоды времени. Под термином «движения рынка» аналитики понимают три основных вида информации: цена, объем и открытый интерес.

Ценой считается как действительная цена товаров на биржах, так и значения валютных и других индексов, например, курс доллара по отношению к

другим валютам, индексы Доу-Джонса, индекс грузовых перевозок.

Объем торговли представляет собой общее количество заключенных контрактов за определенный промежуток времени, например, за торговый день.

Открытый интерес – количество позиций, не закрытых (не реализованных) на конец торгового дня.

В этом анализе широко используют графические методы, включая гистограммы, линейные чарты, крестики-нолики, японские свечи, графики объема торговли и открытого интереса на товарных рынках; тренды, разворотные фигуры; скользящие средние, осцилляторы. В нем применяется теория циклов, волновая теория Эллиотта.

Числа Фибоначчи и «золотое сечение». Волновую теорию Р.Н. Эллиотт открыл в годы Великой депрессии, анализируя индексы Доу-Джонса, и оставил труды по основной концепции и математическому обоснованию, дал определение базисной формы ценовых движений. Эти книги регулярно публикуются до сих пор. Теория не забылась, а получила мощный импульс в конце 1970-х – начале 1980-х гг. благодаря усилиям талантливого аналитика Р. Прехтера, ставшего впоследствии «гуру 1980-х» в США. Особый интерес в теории Эллиотта, по нашему мнению, вызывает использование чисел Фибоначчи, в которых сумма двух соседних чисел числовой последовательности дает значение следующего за ними (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34), где $1 + 1 = 2$; $2 + 1 = 3$; $2 + 3 = 5$ и т.д. и коэффициентов Фибоначчи:

- отношение каждого числа к последующему более и более стремится к 0,618 при увеличении порядкового номера. Отношение же каждого числа к предыдущему стремится к 1,618 (обратному к 0,618), число 0,618 называют ϕ ;
- при делении каждого числа на следующее за ним через одно, получаем число 0,382; наоборот – соответственно 2,618;
- подбирая, таким образом, соотношения, получают основной набор фибоначчиевских коэффициентов: ...4,235; 2,618; 1,618; 0,618; 0,382; 0,236. Используется также 0,5 (1/2).

Все они играют особую роль в природе и, в данном случае – в техническом анализе. Последовательность, представленная Фибоначчи, была известна еще древним грекам и египтянам, которые использовали коэффициент ϕ при строительстве Парфенона и пирамид. Они рассматривали ϕ как символ соизмерительных функций. И действительно, с тех пор в природе, архитектуре, изобразительном искусстве, математике, физике, астрономии, биологии и многих других областях были найдены закономерности, описываемые коэффициентами Фибоначчи.

Число $\phi = 0,618$ представляет собой постоянный коэффициент в так называемом золотом сечении, где любой отрезок делится таким образом, что отношение между его меньшей и большей частью равно отношению между большей частью и всем отрезком. Таким образом, число 0,618 (или 1,618) известно еще как золотой коэффициент или золотая середина. Такого типа пропорцию можно встретить везде – и в структуре ДНК, и в произведениях великих художников.

Современная наука считает, что Вселенная развивается по так называемой золотой спирали, которая строится именно с помощью золотого коэффициента.

Эта спираль не имеет конца и начала. Как более крупные, так и менее крупные ее витки имеют одну и ту же форму. Меньшие витки никогда не сходятся в одну точку, а большие неограниченно развиваются в пространстве [84, с. 82-91, 150]. Уместно заметить, что данная связь напоминает диалектическую спираль с некоторыми дополнениями. По золотой спирали описываются траектории движения комет и метеоритов.

С помощью чисел Фибоначчи описываются разнообразные процессы во Вселенной. Мысль об использовании последовательности Фибоначчи при прогнозировании цены в техническом анализе была высказана Р.Н. Эллиотом в 1930-е гг. С самого начала практическая польза идеи применения чисел Фибоначчи во всех методах технического анализа не вызывает сомнения, что также подтверждает роль этих чисел в устройстве мира. Помимо теории Эллиотта, числа Фибоначчи используют, например, при установлении длительности циклов, при определении порядка скользящих средних, в анализе Ганна.

Другим примером применения золотого сечения чисел Фибоначчи может быть анализ финансовых результатов и нормы прибыли. По нашему мнению, оптимальным соотношением расходов на производство и реализацию продукции, работ услуг, относительно выручки от продаж будет соотношение, равное коэффициенту золотого сечения $\phi = 0,618$. Если выручка в отношении к производственным затратам превышает величину золотого коэффициента 1,618, то возникает повод говорить о сверхприбыли, которую нужно направить на развитие производства с целью повышения конкурентоспособности и финансовой устойчивости, так как временные успехи в виде сверхприбылей без достаточного развития предприятия приведут к отставанию от развивающихся конкурентов и, как следствие, к рецессии или другим нежелательным последствиям. Если затраты превышают коэффициент Фибоначчи ($\phi > 0,618$), то следует считать организацию недостаточно прибыльной для устойчивого развития. Можно найти множество других применений золотого сечения в экономике.

Метод технического анализа был создан для получения доходов при игре вначале на рынках ценных бумаг, а затем и на фьючерсных рынках. Этот анализ широко используется на Западе, а в последнее время находит применение и в нашей стране в работе на рынках ценных бумаг, товарных и валютных рынках. Таким образом, в нем исследуются межхозяйственные связи, макроэкономические процессы и почти не затрагиваются внутрифирменные отношения, являющиеся предметом экономического анализа предприятий и организаций, где он может использоваться в основном лишь в системе маркетинговых исследований.

Теория устойчивости. В условиях рыночной неопределенности и риска актуальным представляется исследование влияния возмущающих факторов на движение исследуемой системы. Методы таких исследований составляют теорию устойчивости [58, с. 31].

Под возмущающими факторами понимаются силы, не учитываемые при описании движения вследствие их малости по сравнению с основными силами. Иногда их обозначают также понятием «шумы». Эти воз-

мущающие силы обычно неизвестны. Они могут действовать мгновенно, что сведется к малому изменению начального состояния системы, либо непрерывно. Это будет означать, что составленные дифференциальные уравнения движения отличаются от истинных, что в них не учтены некоторые малые поправочные коэффициенты. Влияние малых возмущающих факторов на движение системы будет различно. На одни движения это влияние незначительно, так что возмущенное движение мало отличается от невозмущенного. Такое движение называют устойчивым движением. На другие движения такое влияние окажется значительным, так что возмущенное движение значительно отличается от невозмущенного. В этом случае употребляют понятие неустойчивое движение.

Теория устойчивости и занимается установлением признаков, позволяющих судить, будет ли рассматриваемое движение устойчивым или неустойчивым. Математические методы определения устойчивости рассмотрены в специальной литературе [58, с.31-46; 16, с. 1-11; 36, с. 5-22].

По словам известного американского физика Р. Гилмора, основы современного подхода к определению качественных изменений в поведении решений обыкновенных дифференциальных уравнений были заложены в 1880-х гг. Пуанкаре, который впервые ввел такие понятия, как структурная устойчивость, динамическая устойчивость и критические множества. Особенно интересовало Пуанкаре, как качественно меняется поведение системы при изменении описывающих ее параметров (заметим, что имеет непосредственное отношение к принципам факторного анализа). Эта работа Пуанкаре значительно опередила свое время. Сам Пуанкаре не смог реализовать намеченную им исследовательскую программу, поскольку был уже тяжело болен, а из его современников только А. Ляпунов следовал этой программе при изучении критических решений уравнений.

После Ляпунова работы по теории бифуркаций практически прекратились, хотя независимо от программы Пуанкаре по изучению динамических систем на основе тех же работ зародилась топология (раздел математики, изучающий наиболее общие свойства геометрических фигур, свойства, не изменяющиеся при любых непрерывных преобразованиях фигур), которая не только получила право на самостоятельное существование, но и успешно развивалась. Такая ситуация сохранялась вплоть до 1930-х гг., пока советские математики А. Андронов и Л. Понтрягин, разрабатывая концепции структурной устойчивости, вновь не обратились к идеям Пуанкаре. Особое оживление в этой области наблюдалось в 1950-1966 гг. В 1967 г. дифференциальная топология и качественная динамика были синтезированы Смейлом в топологическую теорию динамических систем, которая по существу представляла собой не что иное, как исследовательскую программу Пуанкаре, сформулированную на современном математическом языке.

Теория катастроф. Приблизительно в 1930 г. М. Морс исследовал структуру канонических форм функции в окрестности изолированной точки, а Х. Уитни описал канонические формы отображений в особых точках. В 1950 г. Р. Том ввел важное понятие транс-

версальности, которое стало основным при описании структурной устойчивости. Позднее Том использовал это понятие при описании канонических форм определенных особенностей отображений $f: R^n \rightarrow R^l$ (функций), которые он сам назвал катастрофами.

Так появилась теория катастроф, в которой изучают потери устойчивости движений и их последствия. Катастрофами называются скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий.

Теория катастроф Р. Тома возникла на основе данных исследований Пуанкаре и результатов дифференциального исчисления по каноническим формам функций и отображений, включая теорему о неявной функции и работы Морса и Уитни.

Таким образом, теория катастроф родилась на стыке двух дисциплин – топологии и математического анализа, ее источниками являются теории особенностей гладких отображений Х. Уитни и теория устойчивости и бифуркаций динамических систем А. Пуанкаре, А. Ляпунова и А. Андронова. Оба эти направления слились благодаря усилиям французского математика Р. Тома в единую стройную теорию, которая получила столь броское название – теория катастроф. Данная теория предстает как новое направление в рамках математического анализа, пригодное не только для выявления качественных закономерностей, но и для получения количественных результатов.

Если устойчивое положение равновесия описывает установившийся режим в какой-либо реальной системе (скажем, экономической, экологической или химической), то при его слиянии с неустойчивым положением равновесия система должна совершить скачок, перескочив на совершенно другой режим: при изменении параметра равновесное состояние в рассматриваемой окрестности исчезает. Скачки этого рода и привели к термину теория катастроф [4, с. 21].

Первые сведения о теории катастроф появились в западной печати около 1970 г. В журналах типа «Нью-исук» сообщалось о перевороте в математике, сравнимом разве что с изобретением Ньютоном дифференциального и интегрального исчисления. Утверждалось, что новая наука – теория катастроф – для человечества гораздо ценнее, чем математический анализ: в то время как ньютоновская теория позволяет исследовать лишь плавные, непрерывные процессы, теория катастроф дает универсальный метод исследования всех скачкообразных переходов, разрывов, внезапных качественных изменений. Появилось сотни научных и околонучных публикаций, в которых сообщалось о применении теории катастроф не только в традиционных областях приложений математических методов, но и в психологии, социологии, экономики, биологии, медицине, геологии, что в свою очередь породило не менее мощный поток публикаций, относящихся скорее к жанру научной фантастики.

Некоторые приверженцы этой теории всерьез заявили об ее универсальности и всемогуществе. К этому можно добавить еще и склонность некоторых популяризаторов к философствованию с налетом мистицизма, которые имели место и в трудах самого Р. Тома. И в начале 1970-х гг. теория катастроф быстро сделалась модной, широко рекламируемой

теорией, напоминающей универсальностью своих претензий псевдонаучные теории прошлого века.

Математические статьи основоположника теории катастроф Р. Тома были переизданы массовым тиражом в карманной серии – событие, которого не было в математическом мире со времени возникновения кибернетики. У последней теория катастроф заимствовала многие приемы саморекламы.

«Вслед за панегириками теории катастроф, – пишет В.И. Арнольд, – появились и более трезвые критические работы. Более того, необоснованные претензии ряда популяризаторов этой теории вызвали и резкую критику. Некоторые из критических работ также печатались в рассчитанных на широкого читателя изданиях под красноречивыми названиями вроде «А корольто – голый». Позднее появились и другие специальные работы, посвященные критике этой теории (например, обзор Дж. Гукенхеймера «Споры о катастрофах» и пародии на критику теории катастроф). В пылу полемики критики часто впадали и в другую крайность, т.е. вообще отрицали какую либо роль теории катастроф в развитии науки и техники».

Автор ряда работ по этой теории В.И. Арнольд отмечает, что работы по теории катастроф отличает резкое, катастрофическое снижение уровня требований и строгости, что, по словам В.И. Арнольда, можно понять как реакцию на традиционный в математике поток строгих, но малоинтересных, эпигонских работ.

Как было отмечено, в основе понятий теории катастроф лежат элементы теории особенностей гладких отображений Уитни (видимые контуры тел – это проекции поверхностей тел на сетчатку глаза), которые вместе с теорией бифуркаций динамических систем Пуанкаре и Андронова также считаются источниками теории катастроф.

Степень универсальности применения методов теории катастроф характеризуется тем, что теория Пуанкаре – Андронова потери устойчивости состояний равновесия имеет много приложений во всех областях теории колебаний (как систем с конечным числом степеней свободы, так и сплошных сред): механические, физические, химические, биологические и экономические системы теряют устойчивость на каждом шагу.

Основа теории особенностей гладких отображений была заложена в работе американского математика Х. Уитни «Об отображениях плоскости на плоскость», опубликованной в 1955 г. За последние 30 лет эта теория достигла высокого технического уровня, главным образом благодаря работам Х. Уитни (1955), Р. Тома (1959) и Дж. Мазера (1965). Это мощный новый математический аппарат, имеющий широкую область приложений в естествознании и технике (в особенности в комбинации с теорией бифуркаций, восходящей к диссертации А. Пуанкаре 1879 г. и далеко развитой А.А. Андроновым в 1933 г.) опровергает отрицание роли теории катастроф в развитии науки и техники.

Теория особенностей – это грандиозное обобщение исследования функций на максимум и минимум. В теории Уитни функции заменены отображениями, т.е. наборами нескольких функций нескольких переменных.

Отображение поверхности на плоскость – это сопоставление каждой точке поверхности точки плоскости.

Бифуркация означает раздвоение и употребляется в широком смысле для обозначения всевозможных качественных перестроек или метаморфоз различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят.

Установившиеся режимы движения (режим устойчивости равновесия, колебательный режим или режим с более сложным движением) получили название аттракторов (притягателей), так как они «притягивают» соседние режимы (переходные процессы). Аттрактор – это притягивающее множество. Аттракторы, отличные от состояний равновесия и строго периодических колебаний, получили название странных аттракторов и связываются с проблемой турбулентности.

Турбулентный (от лат. *turbulentus* – «беспорядочный») – вихревой в отличие от ламинарного (от лат. *lamina* – «пластинка»), при котором потоки движений перемещаются параллельно, не перемешиваясь.

После потери устойчивости равновесия установившимся режимом оказывается колебательный периодический режим, при котором амплитуда колебаний пропорциональна квадратному корню из закритичности. Закритичность равна отклонению параметра от критического значения, при котором равновесие теряет устойчивость. Этот вид потери устойчивости называют мягкой потерей устойчивости, так как устанавливающийся колебательный режим при малой закритичности мало отличается от состояния равновесия.

При жесткой потере устойчивости система уходит со стационарного режима скачком и перескакивает на иной режим движения. Этот режим может быть другим устойчивым стационарным режимом, или устойчивыми колебаниями, или более сложным режимом.

При медленном изменении параметра наблюдается качественно новое явление – затягивание потери устойчивости. После того как параметр прошел через бифуркационное значение, соответствующее рождению цикла, т.е. мягкому возникновению автоколебаний, система остается в окрестности потерявшего устойчивость состояния равновесия еще некоторое время, за которое параметр успевает измениться на конечную величину. И лишь затем система скачком переходит на родившийся в момент бифуркации автоколебательный режим, так что потеря устойчивости кажется жесткой.

Изменяющаяся кривая возмущений в изучаемых процессах называется волновым фронтом. Наряду с волновыми фронтами, процесс распространения возмущений описывается при помощи систем лучей. Например, распространение возмущений внутри эллипса можно описать при помощи семейства внутренних нормалей к эллипсу. Это семейство имеет огибающую. Огибающая семейства лучей называется каустикой (т.е. «жгущей», так как в этих местах свет концентрируется). Каустика хорошо видна, например, на внутренней поверхности чашки, освещенной солнцем. Радуга на небе также объясняется каустикой системы лучей, прошедших с полным отражением через каплю воды.

Исследование экологических моделей, призванных объяснить двухгодичную периодичность колебаний в уловах горбуши, привело А.П. Шапиро (1974) и затем Р. Мея к экспериментальному откры-

тию каскадов удвоений периода, в которых последовательные бифуркации удвоения быстро следуют одна за другой, так что на конечный отрезок изменения параметра приходится бесконечное число удвоений. Это явление наблюдается, например, в простейшей модели мальтузианского размножения с конкуренцией. Попутно заметим, использование чисел Фибоначчи (о которых говорилось ранее) при моделировании процессов размножения, по нашему мнению, могло бы способствовать повышению адекватности моделей теории катастроф.

С более подробным историческим освещением этапов развития теории катастроф с указанием их авторов можно ознакомиться в книге В.И. Арнольда «Теория катастроф» [4]. Руководство по теории катастроф, лишенное околонуточных подходов и интерпретаций, подробно изложено в работе Р. Гилмора [19, с. 44]. Книга Гилмора удачно дополняет изданный в русском переводе обширный труд Т. Постона и И. Стюарта [54], одна из глав которого, кстати, принадлежит Р. Гилмору, как в отношении охвата различных аспектов и перспективных направлений развития теории катастроф, так и в отношении распространения ее результатов и методов на более широкий класс динамических систем.

Литература по теории катастроф до ее изучения показала Гилмору загадочной, и именно Постон наглядно продемонстрировал ему, что элементарные катастрофы Р. Тома принадлежат к доступной области математики, а не к недоступной области философии с налетом мистицизма, которая, кстати, могла бы стать особым предметом философских исследований. Ведь немало научных открытий и изобретений ранее казались фантастикой.

Рассмотрение нами теории катастроф на предмет ее использования в экономическом анализе предприятий и организаций привело к некоторым выводам.

1. Использование основных понятий данной теории с потерями устойчивости, бифуркациями, волновыми фронтами, каустиками, турбулентными или ламинарными видами движений, каскадами удвоений и др. в большей степени применимо к системам с более массовыми явлениями и процессам, имеющим тенденции с высокой степенью обобщения их различных составляющих, систем более объективного, масштабного и даже глобального характера, чем экономика отдельного предприятия или организации. Понятийный аппарат теории катастроф весьма уместен в комплексном анализе.
2. Несмотря на предназначение изучать потери устойчивости, скачкообразные изменения, методы теории катастроф все же более формализованы, чем рассмотренные выше экономико-математические методы и модели исследования операций, теории игр, эвристических методов, имитационного моделирования и др. Следовательно, они способны не столь адекватно отражать или моделировать слабоструктурируемые явления на уровне предприятий и организаций. А для структурируемых микроэкономических процессов эффективны методы более узкого порядка, локально отражающие узкие процессы, более конкретно отвечающие поставленным микро задачам и ситуациям, чем методы теории катастроф. Неопределенность микроэкономических процессов во многих случаях неопределима такого рода методами, по своей общей направленности, более подходящими к макроэкономическим процессам, либо рассмотрению их как внешних факторов в комплексном анализе.

3. Отдельные задачи экономического анализа предприятий можно отнести к теории катастроф. Определение различного рода критических соотношений финансовых результатов альтернативных хозяйственных процессов (например, точка, отражающая объем производства, после превышения которого выгоднее производить комплекующие собственными силами, а не закупать их у поставщиков или использовать собственную, а не арендованную площадь, точка безубыточности в операционном экономическом анализе и др.) тоже связаны именно со скачкообразными изменениями, возникающими в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий. Поэтому, согласно выше приведенному определению, они вполне соответствуют понятию «катастрофы». Но все же эти процессы имеют тенденции более узкого порядка, эффективно разрешаемые расчетами, не требующими потенциала моделей теории катастроф, охватывающих более объективные тенденции.
4. В попытках найти применение методов теории катастроф в различных аналитических задачах, мы всякий раз находили другие более эффективные экономико-математические методы для их решения. Во многих случаях формализация, присущая теории катастроф, не достаточно адекватна более маневренному микроэкономическому ситуационному развитию событий, процессов отдельной организации, имеющих слишком много изменений и явлений, эффективное моделирование которых, по нашему мнению, выходит из плоскости форм этой теории.
5. Теория катастроф более приемлема для структур большего масштаба, чем отдельное предприятие, еще и потому, что для моделирования процессов и явлений методами этой теории больше подходят слабо управляемые экономические структуры, менее реагирующие на изменения со стороны руководства, менее маневренные объекты управления, на ход процессов которых трудно повлиять в субъективном порядке. Теория катастроф более приемлема для структур, имеющих большую долю независимых от руководства факторов, когда описание их тенденций методами этой теории в основном требуется не столько для изменения самих процессов и тенденций, сколько для контроля, предупреждения и, возможно, управления процессами на основе законов и тенденций их развития. К таким процессам, менее поддающимся субъективным вмешательствам, и относятся в большей степени макроэкономические процессы.

Вместе с тем, невозможно исключать терминологию теории катастроф и связанные с ней решения из методов экономического анализа в условиях неопределенности и риска. Понятия «катастрофа», «бифуркация», «возмущающие факторы» (шумы), «турбулентные» или «ламинарные виды движений экономической системы» и др. незаменимы в условиях неопределенности и риска, в сценарном анализе, в применении дерева решений (теории графов), в анализе вероятных сценариев развития различных принимаемых решений, что актуально в анализе инвестиций, особенно при формировании инвестиционного портфеля и в других видах перспективного, прогнозного, стратегического анализа.

Рассматриваемые в теории катастроф установленные режимы движения, которые получили название аттракторов, притягивающих соседние режимы (переходные процессы), во многом определяют ход и стратегию развития, а, следовательно, необходимы для выбора решений, определяющих устойчивое развитие хозяйственной системы.

Законы диалектики указывают на то, что мы имеем дело с относительными истинами. Поэтому сделанные нами заключения и критические оценки не исключают того, что дальнейшие исследования могут открыть новые возможности на новом витке использования указанных методов в анализе хозяйственной деятельности с учетом места, времени и обстоятельств.

Литература

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики [Текст] : учеб. для вузов / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М. : ЮНИТИ, 1998.
2. Айзекс Р. Дифференциальные игры [Текст] / Р. Айзекс. – М. : Мир, 1967.
3. Алферова З.В. Применение аппарата теории графов для анализа экономических задач [Текст] : автореф. дисс. д-ра экон. наук / З.В. Алферова. – М., 1975.
4. Арнольд В.И. Теория катастроф [Текст] / В.И. Арнольд. – 3-е изд., доп. – М. : Наука ; Физматлит, 1990.
5. Баканов М.И. Анализ хозяйственной деятельности в торговле [Текст] : учеб. для торг. вузов / М.И. Баканов. – М. : Экономика, 1990. – С. 218-220.
6. Баканов М. И. Воспоминания – факты и аргументы. К 90-летию со дня рождения [Текст]. – М.: ОАО «Внешторгиздат», 1999.
7. Баканов М.И. Теория анализа хозяйственной деятельности [Текст] : учеб. / М.И. Баканов, А.Д. Шеремет. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 1987. – С. 60; 116-119.
8. Баканов М.И. Теория экономического анализа [Текст] : учеб. / М.И. Баканов, А.Д. Шеремет. – 4-е изд., доп. и перераб. – М. : Финансы и статистика, 1997.
9. Баканов М.И. Экономический анализ в торговле [Текст] : учеб. для торг. вузов / М.И. Баканов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Экономика, 1974.
10. Белов В.В. и др. Теория графов [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.В. Белов, Е.М. Воробьев, В.Е. Шаталов. – М. : Высшая школа, 1976.
11. Бирштейн М.М. Советские деловые игры 30-х годов и проблемы развития современной производственной деловой игры [Текст] / М.М. Бронштейн // Деловые игры и их программное обеспечение. – М. : ЦЭМИ АН СССР, 1976.
12. Блох Л.С. Практическая номография [Текст] / Л.С. Блох. – М. : Высшая школа, 1971.
13. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем [Текст] / Н.П. Бусленко. – М. : Наука ; Физматлит, 1978.
14. Боярский А.Я. Математика для экономистов [Текст] / А.Я. Боярский. – М. : Госстатиздат, 1961.
15. Боярский А.Я. Математико-экономические очерки [Текст] / А.Я. Боярский. – М. : Госстатиздат, 1962.
16. Бусленко Н.П. Об устойчивости функционирования сложных систем. Кибернетика [Текст] / Н.П. Бусленко, В.В. Калашников. – Киев, 1967. – С. 1-11.
17. Воспоминания о Марксе и Энгельсе [Текст]. – М., 1956. – С. 66.
18. Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами [Текст] / Ю.Б. Гермейер. – М. : Наука, 1974.
19. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф [Текст] : в 2 кн. / Р. Гилмор ; пер. с англ. – М. : Мир, 1984.
20. Диалектическая логика в экономической науке [Текст] // Ученые записки МГПИ им. Ленина. – 1962. – С. 362.
21. Заде Л. Лингвистические переменные [Текст] / Л. Заде. – М. : Мир, 1975.
22. Замков О.О. и др. Математические методы в экономике [Текст] : учеб. / О.О. Замков, А.В. Толстопятенко, Ю.Н. Черемных. – М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, ДИС, 1997. – С. 217-233.

23. Исследование операций в экономике [Текст] : учеб. пособие для вузов / под ред. проф. Н.Ш. Кремера. – М. : Банки и биржи ; ЮНИТИ, 1997. – С. 173-197.
24. ИМЭМО. Анализ на проблемных сетях [Текст]. – М., 1982. Т. 1, 2.
25. Иозайтис В.С. Экономико-математическое моделирование производственных систем [Текст] // В.С. Иозайтис, Ю.А. Львов. – М. : Высшая школа, 1991.
26. Канторович В.Л. Из истории экономической мысли [Текст] / В.Л. Канторович // Экономика и математические методы. – 1999. – Т. 35 ; №3. – С. 25.
27. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов [Текст] / Л.В. Канторович. – М. : Изд-во АН СССР, 1960.
28. Красовский И.Н. Игровые задачи о встрече движений [Текст] / И.Н. Красовский. – М. : Наука, 1970.
29. Красс М.С. Математика для экономических специальностей [Текст] / М.С. Красс. – М. : ИНФРА-М, 1998.
30. Кремер Н.Ш. и др. Высшая математика для экономистов [Текст] / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман. – М. : Банки и биржи, ЮНИТИ, 2007.
31. Кремер Н.Ш. и др. Исследование операций в экономике [Текст] / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман. – М. Банки и биржи ; ЮНИТИ, 1997.
32. Крушевский А.В. Теория игр [Текст] / А.В. Крушевский. – Киев. : Вища школа, 1977.
33. Курно О. Основы теории шансов и вероятностей [Текст] / О Курно ; пер. с франц. – М. : Наука, 1970. – С. 5-6.
34. Ларионов А.И. и др. Экономико-математические методы в планировании [Текст] : учеб. для сред. спец. учеб. заведений / А.И. Ларионов, Т.И. Юрченко, А.Л. Новоселов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1991. – С. 137-146, 174-235.
35. Ленин В.И. Полн. собр. соч. [Текст] / В.И. Ленин. Т. 18. – С. 164.
36. Ляпунов А.А. Теоретические проблемы кибернетики [Текст] / А.А. Ляпунов, С.В. Яблонский // Проблемы кибернетики. – 1963. – Вып. 8. – С. 5-22.
37. Маркс К. Критика политической экономии [Текст] / Карл Маркс. – М. : Политиздат, 1988.
38. Маркс К. Соч. [Текст] / Карл Маркс, Фридрих Энгельс. – 2-е изд. Т. 20. – С. 573.
39. Математические методы анализа в торговле. Очерки теории и практики [Текст] / М.И. Баканов, И.С. Бровиков, В.Т. Бабурин и др. ; под ред. М.И. Баканова и И.С. Бровикова. – М. : Экономика, 1967.
40. Мироносский Н.Б. и др. Статистическое моделирование и прогнозирование [Текст] / Н.Б. Мироносский и др. ; под ред. А.Г. Гранберга. – М. : Финансы и статистика, 1990. – С. 223-246.
41. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент [Текст] / Н.Н. Моисеев. – М. : Наука ; Физматлит, 1979.
42. Морз Ф.М. Методы исследования операций [Текст] : пер. с англ. / Ф.М. Морз, Дж. Е. Кимбел. – М. : Сов. Радио, 1956. – С. 21-22.
43. Нейлор Т.Х. Имитационные эксперименты с моделями экономических систем [Текст] / Т.Х. Нейлор. – М. : Мир, 1975.
44. Немчинов В.С. Закон стоимости и плановое ценообразование [Текст] / В.С. Немчинов // Проблемы применения математики в социалистической экономике. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1965.
45. Немчинов В.С. Спорные вопросы применения метода вспомогательных множителей в социалистической экономике [Текст] / В.С. Немчинов // Экономико-математические методы. – М. : Изд-во АН СССР, 1963.
46. Немчинов В.С. Экономико-математические методы и модели [Текст] / В.С. Немчинов. – М. : Соцэкгиз, 1962.
47. Новожилов В.В. Измерение затрат и их результатов в социалистическом хозяйстве [Текст] / В.В. Новожилов // Применение математики в экономических исследованиях. – М. : Соцэкгиз, 1959.
48. О развитии теории, методологии и практики бухгалтерского учета, экономического анализа и финансового контроля в России [Текст] // Учет. Анализ. Аудит. Специальный выпуск/2014. с. 10-46.
49. Оуэн Г. Теория игр [Текст] / Г. Оуэн. – М. : Мир, 1971.
50. Партхасаратхи Т. Некоторые вопросы теории игр двух лиц [Текст] / Т. Партсаратхи, Т. Рагхаван. – М. : Мир, 1974.
51. Педл Дж. Б. Построение и применение номограмм [Текст] / Дж. Б. Педл ; пер. с англ. Е.П. Куколевой ; под ред. Р.В. Полякова. – М. : И.Н. Кушнерев и К^о, 1913.
52. Перепелиса К. Маркса и Ф. Энгельса [Текст] : 1844-1883. – 2-е изд. – М., 1968.
53. Петти В. Экономические и статистические работы [Текст] / В. Петти. – М., 1940. – С. 156.
54. Постон Т. Теория катастроф и ее приложения [Текст] / Т. Постон, И. Стюарт. – М. : Мир, 1980.
55. Применение математики и электронной техники в планировании [Текст] : сб. / под ред. А. Аганбегяна и В. Белкина. – М. : Экономиздат, 1961.
56. Проблемы народнохозяйственного оптимума [Текст] / под ред. А.Г. Аганбегяна и К. Вальтуха. – М. : Экономика, 1969.
57. Сайфулин Р.С. Экономико-математические методы в анализе хозяйственной деятельности [Текст] / Р.С. Сайфулин. – М. : Финансы, 1978.
58. Снапелев Ю.М. Моделирование и управление в сложных системах [Текст] / Ю.М. Снапелев, В.А. Старосельский. – М. : Сов. радио, 1974. – С. 31-46.
59. Современное состояние теории исследования операций [Текст]. – М. : Наука, 1979. – С. 9.
60. Спирин А.А. Экономико-математические методы и модели в торговле [Текст] : учеб. пособие для торг. вузов / А.А. Спирин, Г.П. Фомин. – М. : Экономика, 1988.
61. Томас Р. Количественные методы анализа хозяйственной деятельности [Текст] / Р. Томас ; пер. с англ. – М. : Дело и сервис, 1999.
62. Тренев Н.Н. Экономические механизмы управления [Текст] / Н.Н. Тренев // Консультант директора. – 1999. – №16. – С. 21.
63. Тренев Н.Н. Управление финансами [Текст] : учеб. пособие / Н.Н. Тренев. – М. : Финансы и статистика, 1999. – С. 323-336.
64. Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели [Текст] / В.В. Федосеев. – М. : ЮНИТИ, 1999. – С. 127-140.
65. Фосс А. Сущность математики [Текст] / А. Фосс. – СПб., 1911.
66. Хованский Г.С. Основы номографии [Текст] / М. : Наука ; Физматлит, 1976.
67. Цимбалов В.М. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении [Текст] : учеб.-метод. пособие / В.М. Цимбалов ; Ин-т повышения квалификации и кадров. – М., 1993. – С. 47.
68. Чернов В.А. Анализ коммерческого риска [Текст] / В.А. Чернов ; под ред. проф. М.И. Баканова. – М. : Финансы и статистика, 1998.
69. Чернов В.А. Анализ системы коммерческого управления на основе имитационного моделирования [Текст] / В.А. Чернов // Аудит и финансовый анализ. – 2000. – №1. – С. 34.
70. Чернов В.А. Инвестиционный анализ [Текст] : учеб. пособие / В.А. Чернов ; под ред. М.И. Баканова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012.
71. Чернов В.А. Методы и модели информационно-аналитического обеспечения в управленческом учете [Текст] : автореф. дисс. ... д-ра экон. наук / В.А. Чернов. – М., 2005.
72. Чернов В.А. Определение оптимальных закупок товаров в организациях торговли с применением имитационного анализа [Текст] / В.А. Чернов, А.П. Потехина // Аудит и финансовый анализ. – 2015. – №3. – С. 125-128.

73. Чернов В.А. Управленческий учет и анализ коммерческой деятельности [Текст] : монография / В.А. Чернов ; под ред. проф. М.И. Баканова. – М. : Финансы и статистика, 2001.
74. Чернов В.А. Учет неопределенности и риска в инвестиционных программах [Текст] / В.А. Чернов // Финансовые и бухгалтерские консультации. – 2002. – №6. – С. 72-80.
75. Чернов В.А. Экономический анализ: торговля, общественное питание, туристический бизнес [Текст] / В.А. Чернов ; под ред. М.И. Баканова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012.
76. Чернышевский Н.Г. Избранные экономические произведения [Текст] / Н.Г. Чернышевский. Т. III ; ч. 1. – М. : Госполитиздат, 1948. – С. 81.
77. Четыркин Е.М. Финансовый анализ производственных инвестиций [Текст] / Е.М. Четыркин. – М. : Дело, 1998. – С. 208-223.
78. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука [Текст] / Р. Шеннон ; пер с англ. под ред. Е.К. Масловского. – М. : Мир, 1978.
79. Шеремет А.Д. Комплексный экономический анализ деятельности предприятий (вопросы методологии) [Текст] / А.Д. Шеремет. – М. : Экономика, 1974.
80. Щедрин Н.И. Экономико-математические методы в торговле [Текст] : учеб. пособие для торг. вузов / Н.И. Щедрин, А.Н. Кархов. – М. : Экономика, 1980;
81. Экланд И. Элементы математической экономики [Текст] / И. Экланд. – М. : Мир, 1983.
82. Экономическая стратегия фирмы [Текст] : учеб. пособие / под ред. засл. деят. науки РФ, д-ра экон. наук, проф. А.П. Градова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Спец. лит-ра, 1999.
83. Экономико-математические методы и прикладные модели [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайитбетов и др. ; под ред. В.В. Федосеева. – М. : ЮНИТИ, 1999.
84. Эрлих А. Технический анализ товарных и финансовых рынков [Текст] : прикладное пособие / А. Эрлих. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 1996.
85. Amstutz A.E. Computer simulation of competitive market response [Text] / A.E. Amstutz ; Massachusetts Institute of technology. – Cambridge, 1967.
86. Armstrong R.H. Instructional simulation systems in higher education [Text] / R.H. Armstrong, J.L. Taylor // Teaching methods. – 1970. – No. 2.
87. Cherryholmes C.H. Representatives and roll-calls: a computer simulation of voting in the eighty [Text] / C.H. Cherryholmes, M.J. Shapiro. – N.Y., 1969.
88. d'Ocagne M. Procédé nouveau de calcul graphique [Text] / d'Ocagne // Annales des ponts et chaussées. – 1884.
89. d'Ocagne M. Traité de nomographie [Text] / M. d'Ocagne. – Paris, 1899.
90. Dutton J.M. Computer simulation of human behavior [Text] / J.M. Dutton, W.H. Starbuck. – N.Y., 1971.
91. Fisher I. Cournot and mathematical economics [Text] / Irving Fisher // The quarterly journal of economics. – 1898. – Jan. – P. 135.
92. Gershefski G.M. Corporate models, the state of the art [Text] / G.M. Gershefski ; University of Washington. – Seattle, Wash., 1970.
93. Guetzkow H. ed. Simulations in social science [Text] / H. Guetzkow, ed. – N. J., 1962.
94. Guetzkow H. Simulation in international relations: developments for research and teaching [Text] / H. Guetzkow. – N.J., 1963.
95. Hermann C.F. Crisis in foreign policy: a simulation analysis [Text] / C.F. Hermann. – N.Y., 1969.
96. Hogatt A.C. Symposium on simulation models: methodology and applications to behavioral sciences [Text] / A.C. Hogatt, F.E. Balderstone. – Cincinnati, Ohio, 1963.
97. Kresge D.T. Techniques of transportation planning: systems analysis and simulation modelc [Text] / D.T. Kresge, P.O. Roberts. – Washington, 1971.
98. Lalanne L. Memoire sur les tables graphiques et sur la geometrie anamorphique [Text] / L. Lalanne // Annales des ponts et chaussées. – 1846. – No. 1.
99. Meadows D.L. Dynamics of commodity production cycles [Text] / D.L. Meadows. – Cambridge, 1970.
100. Meir R.C. et al. Simulation in business and economics [Text] / R.C. Meir et al. – N.J., 1969.
101. Murphy J.J. Technical analysis of the futures markets [Text] / J.J. Murphy. 1986.
102. Naylor T.H. Computer simulation experiments with models of economic system [Text] / T.H. Naylor. – N.Y., 1971.
103. Naylor T.H. Microeconomics and decision models of the firm [Text] / T.H. Naylor, J.M. Vernon. – N.Y., 1970.
104. Pacher A.H. Models of economic system [Text] / A.H. Pacher. – Cambridge, 1972.
105. Sigeal A.J. Man-machine simulation models [Text] / A.J. Sigeal, J.J. Wolf. – New York, 1969.

Ключевые слова

Моделирование; теория игр; дерево решений; теория графов; имитационный анализ; искусственный интеллект; эвристические методы; экспертные оценки; нечеткие множества; метод комитетов; номограммы; автоматизация моделирования; числа Фибоначчи; теория устойчивости; турбулентность; ламинарность; теория катастроф; аттрактор.

Чернов Владимир Анатольевич

РЕЦЕНЗИЯ

Динамично меняющаяся рыночная среда, совершенствование информационных технологий, национальной и международной хозяйственной практики требуют развития подходов в управленческом анализе, способных решать текущие и стратегические задачи в условиях неопределённости и риска, в процессах, не поддающихся формализации. Поиск таких подходов, новых решений не будет конструктивным и эффективным без исторической преемственности в исследованиях, без задействования накопленного опыта и лучших достижений экономической науки. В этой связи поиск решений в контексте исторической преемственности представляется нам весьма продуктивным, а тема, объединяющая эволюцию и перспективы экономико-математического моделирования, весьма актуальной.

Автор обращается к нетривиальным, малоосвещенным, неформализованным методам моделирования, в которых объединяются возможности науки и искусства управления экономической системой.

В своих нетривиальных суждениях В. А. Чернов вводит в управленческий анализ новые термины из теории динамики сложных систем, такие как катастрофа и бифуркации, шумы, турбулентные или ламинарные виды движения и др.

Немаловажным представляется следование автора диалектическим принципам с их комплексной системной взаимоувязкой процессов и явлений в их противоречиях и единстве, необходимостью учета места, времени и обстоятельств при выборе методик моделирования и в принятии решений, обусловленных динамическим развитием системы. В этой связи привлекает внимание предложение автора – использовать понятие «аттрактор» как единое противоречивое целое, равнодействующая интересов частей которого будет определять траекторию эволюции экономической системы.

Разбор эвристических методов с экспертными оценками, имитационного моделирования, раскрытие процессов формирования искусственного интеллекта и других методик прикладного моделирования освещают новые горизонты для исследователей в области математических методов в управленческом анализе.

Представленные результаты имеют теоретическое и практическое значение и, несомненно, вызовут интерес у специалистов. Они обоснованы и достоверны, аргументация автора убедительна.

Статья отвечает требованиям к научным публикациям и рекомендуется для опубликования в журнале «Аудит и финансовый анализ».

Захаров В.Я., д.э.н., профессор кафедры инновационного менеджмента Института экономики, управления и права Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета.