

Литература

1. Глазьев, С. Как построить новую экономику / С. Глазьев // Эксперт. — 2012. — № 7(790).
2. Пилипенко, Е.В. Экономическое поле экономики знаний / Е.В. Пилипенко, Ю.В. Баталов // Креативная экономика. — 2012. — № 6(66). — С. 91—97.
3. Татаркин, А.И. Экономика знаний: проблемы теории и методологии / А.И. Татаркин, Е.В. Пилипенко. — Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2007.

Статья поступила в редакцию 10.12.2013 г.

О.Н. Поддубная

кандидат физико-математических наук, доцент
БГЭУ (Минск)

О МОДЕЛЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ

В статье предложен обзор экономико-математических моделей, в том числе моделей экономического роста, включающих в свой состав факторы научно-технического развития и описывающих, в частности, такой феномен, как накопление знаний.

The review of economic-mathematical models is proposed in the article. Special attention is given to the models of economic growth, including scientific and technical progress factors (some of them is knowledge accumulation phenomenon).

Будущее любого государства, его место в мировом сообществе определяются тем, сможет ли оно перестроить свою экономику и создать конкурентоспособное производство в современных реалиях.

Необходимым условием динамичного роста экономики страны является переход на инновационный путь развития, оказывающий влияние на становление научно-технической, производственной, финансовой и институциональной сфер. При этом приоритетной задачей, с решением которой связывают подъем экономики, является формирование и проведение в жизнь эффективной научной и инновационной политики, призванной стимулировать развитие науки, продвижение нововведений, разработку и использование передовых производственных и информационных технологий. Внедрение новых технологий определяет уровень развития промышленности, финансовую стабильность предприятий, успех предпринимательской деятельности и, следовательно, эффективность функционирования экономики в целом.

Такое требование новейшего времени обуславливает необходимость выявления системы факторов долгосрочного экономического роста, использование которых позволит сформировать наукоемкую макротехнологическую структуру промышленного производства, преодолеть научно-техническое и технологическое отставание страны [1].

Существенную помощь в анализе складывающейся ситуации в инновационно-технологической деятельности, а также в принятии управленческих решений по ее регулированию и поддержке, оказывают современные экономико-математические методы, использование которых позволяет не только выявить важнейшие факторы, влияющие на инновационную

деятельность и современные тенденции ее развития, но и количественно оценить их взаимосвязь [2].

Логика развития экономических моделей ничем не отличается от развития, скажем, моделей механических и состоит в последовательном движении от простых к более сложным. В частности, от статических соотношений (не зависящих от времени) — к динамическим (рассматривающих развитие процессов во времени), от скалярных задач (с одной переменной) — к многомерным, от линейных — к нелинейным. Однако если в классической механике прогресс был неразрывно связан с математикой, и наоборот, то активное вовлечение методов математического анализа в экономику пришлось лишь на вторую половину прошлого века. Во многом это обусловлено трудностями моделирования экономики как объекта познания.

С помощью моделей удалось понять внутреннюю логику развития экономических процессов, скрывшуюся за видимой, часто, казалось бы, парадоксальной картиной экономических явлений, которая не укладывалась в известные теоретические схемы. Опыт применения моделей показал, что адекватные модели являются мощным инструментом многоаспектного анализа экономических процессов, без которого немислимы современные прогнозирование и планирование на его результатах хозяйственной деятельности как на микро-, так и на макроуровнях.

По характеру отражения причинно-следственных связей различают детерминированные и стохастические модели. Модели, в которых все воздействия и факторы известны на всем интервале изучения системы, называются детерминированными. Модели, в которых хотя бы один из факторов случайный, известны в науке как стохастические.

По способам отражения фактора времени экономико-математические модели делятся на статические и динамические. Модель, содержащая переменные, которые не зависят от времени, носит название статической, а модель, факторы которой зависят от времени, называется динамической. Динамические модели описывают экономику в развитии, чем отличаются от статических, характеризующих ее состояние в определенный момент. Все реальные экономические системы динамические, однако существует ряд задач, в которых фактором времени можно пренебрегать. Это либо одномоментные задачи, которые нужно решить один раз, либо задачи, где решение ищется для небольшого по продолжительности интервала времени, когда состояние системы от времени почти не изменяется. Значимость и востребованность моделей обоих типов подтверждается теорией экономической интеграции Дж. Вайнера, в соответствии с которой при интеграции возникает два типа эффектов: статические (*static effects*) — последствия, проявляющиеся непосредственно после объединения, и динамические (*dynamic effects*) — возникающие на более поздних стадиях.

Динамические модели характеризуют изменение экономических процессов (чаще всего во времени). Для динамических моделей вводится признак непрерывности / дискретности изменения времени. Непрерывные модели изменяют свое состояние во времени за сколь угодно малое приращение времени, а дискретные модели изменяют свое состояние дискретно, т.е. через определенный временной интервал (цикл). Математическое описание динамических моделей экономики с непрерывным временем производится с помощью систем дифференциальных уравнений, а модели с дискретным временем, как правило, описываются разностными уравнениями.

В соответствии с целями построения различают дескриптивные и конструктивные модели. Дескриптивные модели призваны объяснять или описывать те или иные существующие экономические явления и процессы. Дескриптивные экономико-математические модели базируются на аппарате математической статистики, в частности корреляционного анализа. При-

мерами дескриптивных моделей могут служить разнообразные современные модели равновесия. Основная особенность конструктивных моделей (их еще называют нормативными) состоит в том, что предметом моделирования является экономика, которую создает общество, в частности желаемые изменения существующей экономики, т.е. в этих моделях предполагается целенаправленная деятельность. Началом бурного развития конструктивных экономико-математических моделей в конце 30-х гг. XX в. послужило формирование математического программирования — математической дисциплины для анализа и решения экстремальных задач с ограничениями. Особенно много прикладных задач экономики было решено методами линейного программирования — подраздела математического программирования для анализа и решения линейных экстремальных задач. Естественное развитие конструктивных подходов при моделировании экономической динамики привело к созданию в середине 50-х гг. прошлого столетия математической теории управления. Проблемы управления, в частности проблемы отыскания наилучшего, оптимального управления, возникают, например, в финансово-кредитных системах, технологических процессах на производстве и т.п. В экономических системах управление происходит в основном благодаря изменению установленных ранее правил экономического поведения (например, путем изменения процентных ставок, введения ограничений на рост цен на природные ресурсы и т.п.). В реальных ситуациях оптимальное управление не всегда может быть найдено. Но теория оптимального управления дает некую потенциальную границу достижимого результата: она позволяет определить теоретическую траекторию оптимального управления и поведение системы при таком управлении при некоторых допущениях, упрощениях и ограничениях. Зная эти теоретические результаты, можно оценить, насколько реальный результат отличается от идеального, и по возможности скорректировать управление системой для улучшения ее показателей.

Реальные экономические системы в большинстве своем являются динамическими и стохастическими. Модели этих систем самые сложные, поиск оптимального управления для них наиболее трудный и порой неоднозначный, поэтому при разумных ограничениях в ряде случаев можно воспользоваться более простыми моделями (например, параметры модели можно считать стохастическими, а основные факторы — детерминированными), найти для них оптимальное управление и затем творчески применить этот результат для реальных экономических систем.

С развитием экономико-математических исследований проблема классификации применяемых моделей усложняется. Наряду с появлением новых типов моделей (особенно смешанных типов) и новых признаков их классификации осуществляется процесс интеграции моделей разных типов в более сложные модельные конструкции, появляются так называемые комплексные модели.

Выделяя ключевые факторы и описывая общие закономерности, присущие многим экономическим процессам, протекающим на микро-, мезо- и макроуровнях, при создании базовых моделей крайне важно, более того, экономически целесообразно в выборе математического инструментария учитывать возможность адаптивной настройки такой модели. В качестве примера адаптивной модели можно привести разнообразные матричные модели, которые, с одной стороны, легко агрегируются, а с другой — детализируются, что крайне актуально при моделировании интеграционных процессов.

Первые попытки применения дифференциального исчисления в моделировании экономики имели место несколько веков назад и связаны с основателем математического направления в политической экономии О. Курно, чьим главным вкладом в экономическую науку являлось исследование математических принципов теории богатства (1838). Благодаря использо-

ванию аппарата дифференциального исчисления Л. Вальрас (1874) и В. Парето (1908) сформулировали теорию общего экономического равновесия, развитую впоследствии в «Величине и капитале» Дж. Хиксом (1939) и «Основах экономического анализа» П. Самуэльсоном (1937). В ту же эпоху была разработана и успешно применена методика межотраслевых балансовых моделей (30-е гг. XX в., Госплан СССР, В. Леонтьев), аппарат производственных функций (Э. Митчерлих, Ч. Кобб, П. Дуглас, 20—30-е гг. XX в.).

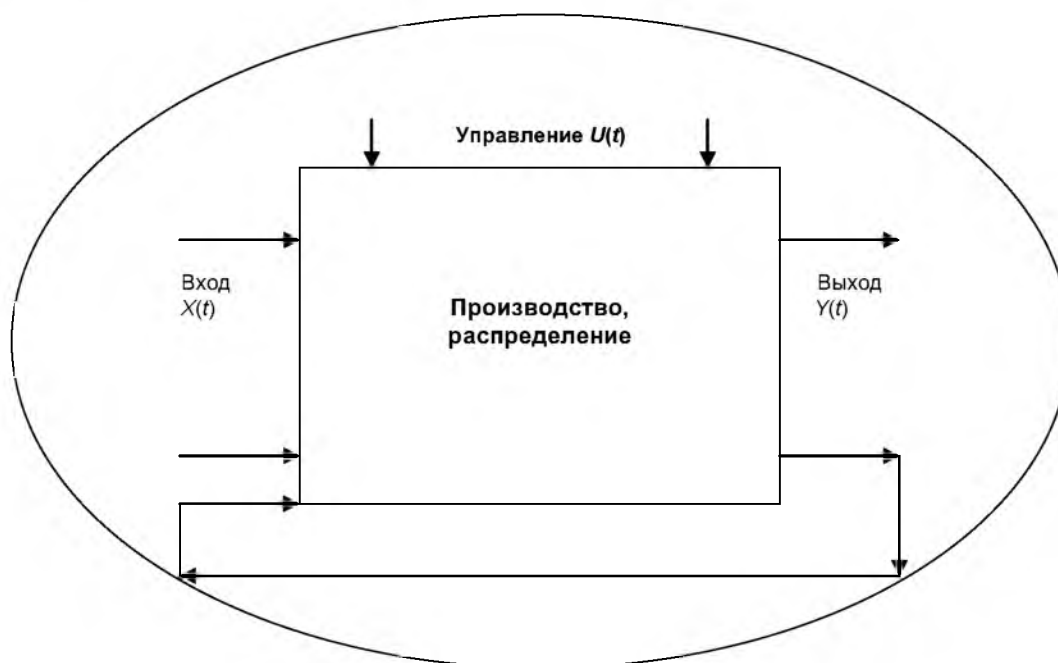
С развитием аппарата теории автоматического управления появились школы, рассматривающие экономику как одну из ее прикладных областей (Д. Форрестер, 60-е гг. XX в.). Во второй половине XX в. нашли применение в экономике и такие новейшие разделы математики, как выпуклый анализ, топология, теория катастроф и детерминированного хаоса (Х. Никайдо, 1968; К. Эрроу и Ф. Хан, 1971; В.-Б. Занг, 1999 и др.). В 1975 г. в Вычислительном центре АН СССР (потом РАН) возникло новое направление исследований — системный анализ развивающейся экономики, в котором методология математического моделирования сложных систем, развитая в естественных науках, была синтезирована с достижениями современной экономической теории.

Наиболее формализованной ветвью современной экономической теории научно-технического развития является концепция диффузии инноваций, в основе которой лежит известное дифференциальное уравнение бельгийского математика П.-Ф. Верхульста, описывающее логистический рост. Это уравнение встречалось в работах Э. Мэнсфилда и описывало динамику роста количества инновационных фирм. Более широко оно использовано в работах Д. Сахала для описания процесса диффузии нововведений. Следует отметить, что в современной литературе описывается довольно большое количество моделей экономического роста, включающих в свой состав факторы научно-технического развития и описывающих в том числе такой феномен, как накопление знаний. Впервые человеческий капитал и феномены процесса накопления знания как одного из факторов общественного развития и влияния технологического прогресса на экономический рост были включены в неоклассические экономико-математические модели экономического роста в работах Р. Солоу и Р. Лукаса. В этих моделях принимается допущение о том, что человеческий капитал, как и основной капитал, является одним из факторов, определяющих ВВП. С 1990-х гг. в экономической теории получили развитие модели с эндогенным научно-техническим прогрессом, среди которых наиболее известными являются модели, предложенные П. Ромером (1990) и К. Джонсом (1998). В этих моделях учитываются такие показатели, как знания, полученные в результате проведения НИОКР, человеческий капитал и технологии. Исследованию сложных и неоднозначных вопросов формализации процессов инновационной экономики посвящено в последнее время немало публикаций. Однако, по мнению большинства ведущих экономистов, в настоящее время в экономической теории не предложен комплексный теоретический подход к анализу интеллектуального ресурса, одной из важнейших проблем которого является оценка (в том числе и количественная) не столько материального продукта, созданного с использованием новых знаний в инновационном процессе, сколько произведенных знаний, не нашедших воплощения в данном товаре. Оценка продуцируемых знаний в денежно-материальной форме — одна из основных проблем, возникающая при анализе и моделировании процессов инновационной экономики. «Прорывные» технологии решения данной актуальной проблемы, безусловно, повлияют не только на теоретические основы, но и на практически реализуемые принципы перераспределения благ в новой экономике, основанной на знаниях.

При изучении теории инноваций целесообразно опираться на хорошо разработанный аппарат теории автоматического управления. Это и определяет инструменты моделирова-

ния — описание процессов, происходящих в экономических системах, дифференциальными (или конечно-разностными) уравнениями. Обычно это линейные стационарные уравнения, однако в некоторых случаях кажется необходимым использовать нестационарные и нелинейные дифференциальные уравнения. В тех случаях, когда ставится задача не только анализа, но и управления экономикой, оказываются востребованными теория неавтономных (неоднородных) дифференциальных уравнений или теория управления, в том числе аппарат теории оптимального управления.

Сегодня при моделировании самоорганизующихся сложных систем используют одно из положений системного анализа — «кибернетическое представление», которое означает, что мы рассматриваем некоторую систему (техническую, биологическую, экономическую) с точки зрения соотношения «вход—управление—выход». В данном случае считаем, что на вход отрасли поступают определенные ресурсы, а выходом является конечное потребление. Эта схема представлена на рисунке, где введены переменные: X — ресурсы, Y — непроемленное (конечное) потребление.



Кибернетическое представление экономической системы

Элемент схемы «управление» отражает роль государства в современной инновационной экономике, которая состоит не столько в поддержке тех или иных инноваций, направлений, отраслей или «точек роста», сколько в формировании организационных, экономических и нормативных правовых условий для инновационного процесса. При этом современная тенденция — постепенный переход от прямых методов государственной поддержки к большему использованию преимущественно косвенных методов, направленных на активизацию негосу-

дарственных экономических субъектов — как инвесторов, так и самих участников инновационной деятельности.

При формировании тех или иных стратегий экономического развития с помощью математического моделирования центрального блока схемы «Производство, распределение» ученые отмечают, что главная проблема в исследовании факторов экономического роста переместилась от статистического анализа количественных переменных к качественному анализу. Нобелевские лауреаты по экономике Р. Лукас, Ф. Кюдланд, Э. Прескотт, Э. Фелпс, Т. Сарджент, К. Симс, чьи имена связывают с так называемой неоклассической макроэкономикой и теорией рациональных ожиданий, в своих работах развивали идею о том, что разумные модели макроэкономики должны строиться не на эмпирических закономерностях, найденных в данных, а на обоснованных теоретических предположениях о поведении оптимизирующих агентов, для чего необходимо понять его природу. В рамках экономической теории макроэкономика представляется совокупностью укрупненных (агрегированных) экономических показателей. Но для того чтобы такая *совокупность* превратилась в *систему*, необходимо обнаружить зависимости между этими показателями. При обнаружении эмпирической закономерности исследователь должен в первую очередь предложить внутренне логическую теоретическую модель, основанную на разумных предпосылках и способную объяснить причинно-следственные связи между интересующими факторами.

В заключении хотелось бы отметить серьезную проблему, затрудняющую проведение политики стимулирования инноваций, которая заключается в несовершенстве статистического учета инновационной деятельности [3]. Решение этой проблемы необходимо начинать с выработки более четкого понятийного аппарата, поддающегося недвусмысленной интерпретации при сборе и анализе статистической информации, и заканчивать формированием комплекса индикаторов для мониторинга национальных инновационных систем. Исследование основных показателей развития науки, технологий и инноваций, их сопоставление с мировыми тенденциями создает необходимую базу для выработки практических рекомендаций (в том числе на основе прогнозов адекватных экономико-математических моделей) по регулированию развития научно-технической сферы.

Литература

1. Экономика знаний: коллектив. моногр. / отв. ред. В.П. Колесов [и др.]. — М.: ИНФРА-М, 2008.
2. Анализ и моделирование экономических процессов: сб. ст. / под ред. В.З. Беленького. — М.: ЦЭМИ РАН, 2012. — Вып. 9.
3. Инновационный путь развития для новой России: коллектив. моногр. / В.П. Горегляд [и др.]; под ред. В.П. Горегляда. — М.: Наука, 2005.

Статья поступила в редакцию 24.12.2013 г.