

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ***

Проанализированы подходы к моделированию инновационного развития экономических систем, сформулирована задача оптимизации управления инвестициями в инновационные секторы экономики, выделены характеристики инвестиционных проектов, определяющие их инновационность; изложены методы и результаты анализа инновационного развития некоторых экономических систем.

Ключевые слова: инновационное развитие экономических систем, экономико-математическое моделирование, система поддержки принятия решений.

Низкий уровень производства российской продукции объясняется, в частности, технологической отсталостью, слабым использованием инновационных технологий, отсутствием стимулирования и поддержки развития несырьевых секторов экономики, применяющих новые, высокоэффективные виды производств на базе нематериальных активов (объектов интеллектуальной собственности (ОИС): патентов, изобретений, программных продуктов, ноу-хау и т. п.). По оценкам специалистов рост экономики России определяемый секторами, использующими передовые технологии, почти на порядок (в 7,5 раза) ниже, чем в экономически развитых странах, что свидетельствует о существенном отставании России в инновационном развитии экономики.

Любая экономическая деятельность (в том числе инновационная) может быть представлена в виде последовательности инновационно-инвестиционных проектов (ИИП), поэтому оценка эффективности этой деятельности сводится к оценке эффективности ИИП, которые, как правило, характеризуются высоким уровнем риска в силу неопределенности порождаемых ими денежных потоков, спроса на производимую продукцию, уровня инфляции и других параметров. Методы оценки эффективности ИИП можно разделить на следующие группы:

1) эвристические и экспертные, использующие неформальные интерактивные процедуры, основанные на интуиции и опыте лица, принимающего решение;

2) статические и динамические методы, использующие набор финансово-экономических показателей в уравнениях балансов, движениях, ограничениях ИИП, не ставящие задачу оптимизации показателей эффективности (имитационные методы);

3) методы статистического моделирования, использующие аппарат теории вероятностей и математической статистики (например, регрессионные модели Альтмана, Бивера и т. п.);

4) оптимизационные, сводящиеся к решению одно- и многокритериальных задач оптимизации, которые могут быть как статическими, так и динамическими.

В настоящее время разработано множество моделей оценки эффективности инновационных проектов (ИП).

Целый ряд подобных моделей для сферы интеллектуальной собственности предлагается, например, в работе [1]. В частности, модель М. Dickinson, А. Thornton, S. Graves описывает оптимальный процесс формирования портфеля взаимосвязанных проектов. Авторы модели предлагают задавать матрицу взаимозависимостей проектов, коэффициенты которой (определяемые экспертно) показывают степень зависимости проектов между собой. Кроме этого, экстенсивно задаются матрицы ежегодных издержек и доходов проектов портфеля, а также вероятности успеха проектов на основе экспертных (эмпирических) данных. Сами принципы построения модели (экспертность определения основных исходных ее параметров) показывают, что в ней не учитывается механизм (динамика) формирования общих денежных потоков (ДП), генерируемых отобранными в портфель проектами. Эти ДП (помимо общих ограничений на ресурсы) и определяют взаимозависимость между проектами, а не «спущенные сверху» коэффициенты взаимозависимости. В частности, не учитывается «механика» формирования доходов (как итоговых ДП) по осуществленным расходам, т. е. они формируются в модели независимо друг от друга. Аналогичное замечание справедливо и по отношению к формированию на экспертной основе матрицы соответствия ИП, включаемого в портфель, стратегической цели, т. е. без учета его взаимосвязи с остальными проектами. Кроме того, как отмечается в [1], к основным недостаткам этой модели относятся следующие: проекты неделимы (т. е. они включаются в портфель либо исключаются из него полностью); не учитывается влияние объема выделяемых ресурсов на срок действия проекта; предполагается, что включаемые в портфель проекты финансируются до конца расчетного периода, тогда как часть их завершается раньше.

В [1] также приводится оптимизационная модель J. Wang, W.-L. Hwang формирования портфеля из n проектов с булевыми переменными. В модели рассматриваются ограничения на бюджет портфеля и количество специалистов, необходимых для реализации каждого проекта, на текущем этапе, а также максимальный и минимальный бюджеты, выделяемые на достижение заданной стратегической цели.

*Работа выполнена при финансовой поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (НИР 2.1.1/2710).

Предлагаемая модель описывается нечеткой задачей целочисленного линейного программирования, которая сводится к обычной целочисленной задаче линейного программирования и может быть решена стандартными методами, например, методом ветвей и границ.

Следует отметить, что упомянутые модели формирования портфеля инвестиций, являясь по существу оптимизационными, тем не менее, не являются задачами оптимального управления, так как не содержат уравнений динамики, не учитывают процесс формирования исходных и итоговых денежных потоков (доходов и издержек от создаваемого портфеля ИИП).

Для оценки эффективности инновационных проектов применяются два основных подхода – имитационный и оптимизационный, отличающиеся, соответственно, отсутствием и наличием критерия (критериев) оптимизации, а также уровнем детализации проектов, который, как правило, выше при использовании имитационных методов. Однако если с помощью имитационных подходов можно перебирать множество траекторий, нащупывая более эффективные на заданном горизонте планирования, то оптимизация позволяет найти максимально эффективную траекторию в смысле некоторого показателя (например, чистой приведенной стоимости ИИП), превзойти значение которого на заданном горизонте планирования невозможно. При этом перебирая траектории имитационным способом, остается риск вообще не найти оптимума и даже не приблизиться к нему.

В этой связи использование оптимизационных математических моделей, допускающих их математический анализ (обоснование существования и получение решения), имеет преимущество по сравнению с моделями неоптимизационного характера (которые, в частности, лежат в основе известных пакетов прикладных программ (ППП) типа Project Expert, Альт-Инвест Галактика, ИНЭК-Аналитик и т. п.). Особенно важно использование оптимизации в экономических системах при анализе стратегии их развития. Этим и обусловлен выбор многошаговой задачи линейного программирования как оптимизационной для модели оценки эффективности инновационных проектов. В условиях существенной неопределенности информации о характеристиках эффективности инновационных проектов, а также того факта, что для высокотехнологичного производства количество видов основных производственных фондов (ОПФ), участвующих в ИИП, может достигать порядка нескольких десятков и даже сотен, оценку эффективности соответствующих инновационных проектов невозможно осуществить без использования ППП, автоматизированных средств анализа и принятия управленческих решений. Причем автоматизированная обработка экономической информации должна осуществляться на языке, понятном профессионалу, экономисту-практику, аналитику. В существующих же пакетах экономического и финансового анализа на сегодняшний день отсутствуют возможности оценки эффективности ИИП во временной динамике по нескольким критери-

ям в рамках оптимизационного подхода. Необходимо отметить, что отсутствие универсальной методики стоимостной оценки инновационных проектов (а фактически преобладание на практике экспертных методов оценивания нематериальных активов), а также несоответствие российского законодательства в этой сфере международным стандартам осложняют использование методов математического моделирования при оценке ИИП. Общим недостатком большинства имеющихся исследований в области стратегического управления экономическими системами является то, что в них редко решаются задачи создания работоспособного в условиях реального рынка, устраивающего экономиста-аналитика комплекса средств автоматизированной обработки экономической информации и поддержки принятия решений. Между тем автоматизированная обработка экономической информации регионального уровня необходима для эффективного мониторинга и прогноза эффективности экономического развития экономических систем с целью рационального использования имеющихся экономических ресурсов и достижения оптимального взаимодействия участников данных проектов. Указанный недостаток не позволяет экономистам-практикам эффективно использовать экономико-математические модели и решать задачи стратегического планирования на предприятии и в регионе, что является существенным аргументом в пользу создания и внедрения в практику экономического и финансового анализа оптимизационных модулей пакетов автоматизированной обработки информации экономического характера и создания соответствующей системы поддержки принятия решений. К одному из таких программных средств можно отнести успешно и неоднократно апробированный пакет [2], имеющий оптимизационные модули решения динамических и статических задач развития экономических систем, в котором исходная и выходная информация удобно заносится, хорошо читается и интерпретируется экономистом-аналитиком.

Задачу оптимального управления инвестициями в инновационные сектора экономики можно сформулировать следующим образом. Пусть инвестор имеет некоторую сумму собственных средств для разработки или приобретения основных производственных фондов для производства инновационной продукции n видов. Необходимо распределить эту сумму таким образом, чтобы суммарный денежный поток от функционирования ИИП за заданный горизонт планирования был максимальным.

При этом предполагается, что справедливы следующие основные предпосылки:

1) общие затраты включают в себя затраты на внедрение ОИС, на оформление всех патентов, имеющих отношение к конкретному ОИС, в том числе затраты на коммерциализацию и доведение до промышленного образца;

2) максимальные ожидаемые денежные потоки от освоения ОИС (выручка от реализации продаваемой

продукции) каждого вида не превосходят прогнозного спроса на продукцию;

3) амортизация для всех видов ОПФ начисляется линейно с момента начала производства, причем доля остаточной стоимости ОПФ по истечении срока службы от их балансовой стоимости мала;

4) при расчете чистой прибыли производственного сектора учитываются налоги, составляющие наибольшую часть затрат предприятий любой сферы производственной деятельности: налог на добавленную стоимость, налог на прибыль, налог на имущество, отчисления в фонд оплаты труда и страховые взносы;

5) затраты на создание и хранение запасов сырья, материалов, комплектующих и т. п. для производственного сектора считаются малыми по сравнению с общими производственными затратами;

6) объем продаж по каждому виду производимой инновационной продукции не выше прогнозируемого на нее спроса;

7) действие ИИП состоит из не более, чем трех этапов: инвестирования, приобретения ОПФ и производства;

8) срок действия (горизонт планирования) ИИП меньше сроков полезного использования единицы ОПФ каждого типа;

9) на единице ОПФ каждого типа производятся изделия только одного вида (т. е. рассматриваются чистые производственные отрасли);

10) прибыль производственного сектора на всем горизонте планирования неотрицательна;

11) не учитывается целочисленность количества ОПФ;

12) ставка дисконта в выражениях для целевых функций экономических агентов, участвующих в ИИП, включает требования доходности инвестора, ставку инфляции и ставку, учитывающую другие риски ИИП;

13) фонд оплаты труда в каждой из рассматриваемой сфер производства инновационной продукции рассчитывается как доля выручки от реализации всей произведенной продукции.

На первой (предварительной) стадии используем для анализа сформулированной задачи предложенные в работе [3] математические модели экономических систем в виде многокритериальных, многошаговых задач линейного программирования (ММЗЛП), а также операционные методы их анализа в виде z -преобразования.

Использование ППП [2] позволяет варьировать параметрами указанных моделей, содержательно трактуемыми как параметры инновационности ИИП. К таким параметрам можно отнести: 1) спрос на продукцию каждого из n видов (который в условиях производства инновационной продукции обладает высокой степенью неопределенности); 2) стоимость, производительность и фондоотдача каждого из n видов ОПФ (неопределенность которых, очевидно, может обуславливаться либо их текущей разработкой, либо

даже отсутствием в природе соответствующего оборудования). В состав пакета [2] входят как динамические, так и статические модули решения ММЗЛП. Указанный пакет наряду с теоретическими результатами, полученными в работе [3], составляет основу системы поддержки принятия решений при анализе инновационного развития экономических систем.

Следует отметить, что большое количество задач в экономике имеет нелинейный характер. Например, из экономической практики известно, что зависимость спроса на производимую продукцию от доходов потребительского сектора в экономической системе может быть описана нелинейным, логистическим законом. Это, очевидно, превращает поставленную выше задачу в нелинейную, что значительно осложняет ее теоретический анализ методами теории оптимального управления (принцип максимума, принцип Беллмана и т. п.). Кроме того, в этом случае она уже не может быть решена и численными методами, являющимися эффективными при анализе ММЗЛП (метод последовательных приближений, симплекс-метод и т. п.). Для решения таких задач необходимо применять другие методы, одним из которых вполне может быть хорошо зарекомендовавший себя в задачах анализа экономических систем генетический метод [4], не зависящий от условия линейности уравнений движения, ограничений и целевых критериев ИИП.

В работе [5] для анализа региональной инновационной политики с использованием экономической статистики региона [6] были рассмотрены четыре отрасли (вида) экономической деятельности: 1) добыча полезных ископаемых; 2) обрабатывающие производства; 3) производство продукции гражданского назначения (инновационной продукции с повышенными характеристиками спроса) предприятиями военно-промышленного комплекса, проводящими свою реструктуризацию; 4) строительство. Исходя из приведенной в [6] трактовки статистических данных, была рассмотрена следующая задача управления инновационной промышленной политикой региона: найти общий объем инвестиций, объем инвестиций в приобретение ОПФ указанных видов экономической деятельности (отраслей), а также планируемую выручку от реализации продукции такие, что чистая приведенная стоимость инвестиционного проекта по развитию указанных видов деятельности в регионе будет максимальной. Сформулированная задача была решена как с помощью ППП [2], так и с помощью генетического алгоритма (модифицированного алгоритма SPEA) [7]. При этом как по распределению оптимальных значений переменных, так и по значению целевого критерия было показано хорошее согласование расчетов (различие в значениях критериев, например, составляют 0,15 %).

Таким образом, приведенные данные позволяют рассчитывать на успешное применение генетических алгоритмов при анализе статических многопараметрических моделей как в линейной, так и нелинейной

постановках, для решения задач поддержки принятия решений при управлении процессами модернизации региональной экономики и аналогичными процессами в экономических системах в целом.

Библиографические ссылки

1. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности / В. М. Аньшин [и др.]. М. : МАТИ, 2008.

2. Конструктор и решатель дискретных задач оптимального управления («Карма») : программа для ЭВМ : пат. Рос. Федерация / А. В. Медведев, П. Н. Победаш, А. В. Смольянинов, М. А. Горбунов. Роспатент № 2008614387 от 11.09.2008.

3. Медведев А. В. Применение z-преобразования к исследованию многокритериальных линейных моделей регионального экономического развития : монография / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008.

4. Клешков В. М., Семенкин Е. С. Модели и алгоритмы распределения общих ресурсов при управлении инновациями реструктурированного машиностроительного предприятия // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2006. № 3. С. 24–31.

5. Горбунов М. А., Медведев А. В., Семенкин Е. С. Применение генетических алгоритмов для решения задачи оценки эффективности региональной промышленной политики // Вестник СибГАУ. Вып. 4 (37). 2011.

6. Социально-экономическое положение Красноярского края в 2006 г. (доклад № 1-1) / территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю (Красноярскстат). Красноярск, 2007.

7. Zitzler E., Thiele L. Multiobjective evolutionary algorithms: A comparative case study and the strength Pareto approach // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 1999.

E. S. Semenkin, A. V. Medvedev

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING OF INNOVATION DEVELOPMENT OF ECONOMIC SYSTEMS

The article is devoted to analysis of approaches to innovation development of economic systems modeling, the objective of optimizing investments into innovative sectors of economy is stated; methods and results of the analysis of the innovative development of certain economic systems are considered.

Keywords: innovation development of economic systems, economic-mathematical modeling, decision support system.

© Семенкин Е. С., Медведев А. В., 2012

УДК 65.011.8

А. И. Таюрский, Н. Е. Гилыц

ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ КОНВЕРСИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Развитие конверсионного производства подразумевает сложную систему управления с множеством взаимодействий, результаты которых необходимо постоянно отслеживать и корректировать в соответствии с изменениями в нестабильной окружающей среде. Создание такой системы управления требует учета особенностей развития конверсионного производства и выделения соответствующих принципов функционирования системы мониторинга.

Ключевые слова: конверсионное производство, принципы мониторинга развития.

Оборонно-промышленный комплекс (ОПК), являясь высокотехнологичным и многопрофильным научно-производственным комплексом, занимает особое место в экономике России. В современных условиях предприятия ОПК вынуждены больше внимания уделять развитию производства гражданской продукции, учитывать потребности рынка, ориентироваться на потребителей и конкурентов, уметь гибко приспосабливаться к изменяющейся рыночной конъюнктуре. Поэтому развитие конверсионного производства приобретает решающее значение для завоевания конкурентных позиций предприятиями ОПК, позволяет обеспечить выживание предприятия в долгосрочной перспективе.

В 2010 г. объем совокупной выручки ряда ведущих предприятий ОПК РФ увеличился до 723,6 млрд руб. по сравнению с 551,6 млрд руб. в 2009 г. Прирост объема совокупной выручки составил 31,2 %, а доля выручки от продажи гражданской продукции анализируемых предприятий составила 25,1 % [1]. Для инновационного развития всех направлений деятельности предприятий ОПК этих средств не хватает, заработать их можно только за счет развития конверсионного производства, что свидетельствует о необходимости и важности его развития.

По данным первого заместителя министра обороны А. П. Сухорукова, в 2011 г. объем государственного оборонного заказа по линии Минобороны составил