

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

© 2010 Л.А. Сосунова, Е.А. Серпер*

Ключевые слова: экономико-математическая модель, инвестиции, региональное развитие, инновационные процессы, производственная функция, фактор нейтрального научно-технического прогресса, коэффициенты эластичности.

Рассматриваются модели инновационного развития региональной экономики. Проводится экономико-математическое моделирование инновационного развития экономики на основе производственной функции, дается оценка влияния фактора научно-технического прогресса, определяются коэффициенты эластичности модели.

Для поддержки стратегических управленческих решений, отвечающих современной парадигме устойчивого развития на уровне региона (это может быть страна в целом или отдельный регион), необходимо создание соответствующего информационно-компьютерного инструментария в виде достаточно развитой и гибкой математической модели, в которой регион представлен как сложная динамическая управляемая система, включающая в себя методики ее информационного наполнения, процедуры поиска оптимальных решений и сценарного анализа.

В соответствии с традиционными представлениями об экономическом развитии источниками благосостояния региона являются земля, природные ресурсы, географическое положение, дешевые трудовые ресурсы и производственные мощности. Однако наличие природных ресурсов, дешевой рабочей силы, финансовых и технологических ресурсов еще не дает преимущества в конкурентной борьбе на глобальном рынке.

Важнейшее значение имеет способ, в соответствии с которым соединяются сырье, финансы, технологии и люди для достижения устойчивых конкурентных преимуществ. Благосостояние региона определяется, прежде всего, способностью его предприятий внедрять инновации, совершенствоваться и, в конечном итоге, конкурировать на глобальном рынке. Конкурентные преимущества предприятий региона могут базироваться на различных источниках: наличии сырья и деше-

вой рабочей силы, активном притоке инвестиций и инновациях. Соответственно, могут быть сформированы три типа экономики, в которых источники благосостояния существенно отличаются.

Экономика первого типа - сырьевая. Источниками благосостояния являются богатые природные ресурсы. Как правило, в экономике такого типа основной доступ к внешнему рынку обеспечивают иностранные фирмы. Они также ориентированы на прямой доступ к ресурсам. Современное оборудование приобретается за рубежом. Сырьевая экономика не создает устойчивых конкурентных преимуществ. Мировая практика показывает, что доминирование в экспорте сырья ведет к снижению благосостояния стран, неустойчивой финансовой системе, чувствительности экономики к мировым потрясениям. Тем не менее, на начальном этапе природные богатства могут быть доминирующим источником развития.

Экономика второго типа - инвестиционная. Источником благосостояния является способность предприятий воспринимать, внедрять и улучшать технологии, производить на их основе высококачественные товары и конкурировать на мировом рынке. Она базируется на активном притоке инвестиций, приобретении и адаптации технологий для развития современного производства. Инвестиционный этап экономического развития должен быть направлен на создание современного производства товаров и услуг, способных конку-

* Сосунова Лильяна Алексеевна, доктор экономических наук, профессор, директор института коммерции, маркетинга и сервиса Самарского государственного экономического университета; Серпер Евгений Александрович, кандидат экономических наук, доцент Самарского государственного экономического университета. E-mail: kafedra-kl@yandex.ru.

рировать на мировом рынке. При этом государство создает благоприятный климат для иностранных и местных инвестиций, стремится к созданию условий, снижающих инвестиционные риски, принимает активные меры по стимулированию экспорта продукции.

Экономика третьего типа - инновационная. Основным источником благосостояния - социальный капитал, т.е. люди, обладающие современными знаниями, навыками и связями, способные создавать, производить и продавать новую продукцию мирового класса. Существенным элементом социального капитала является уровень взаимного доверия в обществе. Все элементы экономики такого типа должны быть ориентированы на инновации, гибкость и преобразования. Важнейшее значение приобретают процессы управления знаниями.

Источниками благосостояния региона на первом этапе могут быть богатые природные ресурсы. Это благо должно быть направлено на создание условий для перехода к экономике инвестиционного типа. Для этого необходимо провести глубокую реструктуризацию предприятий и создать благоприятный инвестиционный климат, а именно - высокий инвестиционный потенциал и низкие инвестиционные риски. Для многих регионов повышение инвестиционного потенциала связано, прежде всего, с активным проведением глубокой стратегической реструктуризации предприятий, развитием инфраструктуры и институтов рынка на фоне последовательного снижения криминальной и социальной напряженности, совершенствования инвестиционного законодательства.

Развивая инвестиционную экономику, необходимо создать потенциал для перехода к экономике, основанной на инновациях. Нужно поддерживать имеющуюся систему образования и науку, развивая инновационный потенциал, необходимый для лидирования в наукоемких секторах экономики. Таким образом, для развития региона необходимо последовательно наращивать совокупный капитал, содержащий:

- ◆ производственные ресурсы (сырье, основные фонды, рабочая сила);
- ◆ финансовые ресурсы;
- ◆ инфраструктуру и институциональную среду;

- ◆ социальный капитал;
- ◆ знания.

Стратегия развития региона должна давать ориентиры для сбалансированного наращивания всех форм капитала. При этом структура совокупного капитала должна последовательно изменяться от доминирования сырьевой составляющей к доминированию социального капитала и знаний.

Существует современная теория регионального развития, подтвержденная статистикой, которая из различных типов, реально существующих в мире экономических систем отдает предпочтение конкурентной экономике, поскольку только этот тип нацелен на высшие стандарты, достигаемые в конкуренции на мировом рынке. Не вдаваясь в его развернутую характеристику, отметим, что он предусматривает активную роль правительства (страны, региона) в отношении с бизнесом для поиска и роста наиболее эффективных производственных комплексов - региональных кластеров, охватывающих или затрагивающих все сферы жизни в регионе (экономическую, экологическую и социальную), что требует долгосрочной стратегии действий.

В настоящее время разработка долгосрочной стратегии для того или иного региона должна проводиться в рамках официально признанной парадигмы устойчивого развития (Sustainable Development), которая нашла свое выражение в известной "Повестке дня на XXI век", принятой на конференции по окружающей среде в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Многие страны приняли эту программу действий, осознавая угрозу исчезновения человека. На уровне страны в аспекте этой проблемы следует говорить об улучшении условий существования людей. Такая задача способствует сохранению человеческого рода и в то же время соответствует уровню развития отдельных государств¹.

Цель устойчивого развития на государственном уровне далее конкретизируется при переходе к региональному уровню, поскольку характеристики развития могут значительно различаться по территории государства.

Концепция устойчивого развития региона должна отражать реальную социо-эколого-экономическую ситуацию в регионе. В конкретной ситуации для большинства регионов

РФ мерами по достижению их устойчивого развития являются: во-первых, структурная перестройка экономики; во-вторых, решение социальных проблем и, в-третьих, улучшение качества окружающей среды. Для регионов эти направления в принципе не стали новыми после провозглашения мирового перехода к устойчивому развитию. Признание отсутствия противоречий между задачами устойчивого развития и путями их решения, с одной стороны, и прошлыми постановками и исследованиями задач социально-экономического развития с другой - позволяет максимально использовать полученные ранее в этой области результаты.

Исследования региональных систем имеют давнюю историю и тесно связаны с развитием географических и экономических наук. Пионеры регионального экономического анализа А. Вебер, И. Тюнен и А. Леш тяготели к непрерывному представлению территории в виде некоторой географической карты (М. Блауг, 1994; А. Леш, 1959; Ю. Ткаченко, 1995). Впоследствии в экономическом анализе почти без исключения стали применять дискретные описания пространства в виде совокупности регионов-точек, упор в которых делался в основном на межрегиональное взаимодействие.

Однако появление работ Дж. Форрестера, А. Медоуза и В. Леонтьева открыло путь многочисленным исследованиям по эколого-экономическому моделированию. Достаточно быстро определились два общих подхода к эколого-экономическому моделированию. Первый подход использует метод системной динамики Дж. Форрестера. Второй подход основан на анализе "затраты-выпуск", который был впервые применен В. Леонтьевым².

В первом подходе широко используются экспертные оценки и тем самым снижаются требования к объему информации. Однако при этом возникает опасность получить теоретически необозримую модель, трудно поддающуюся содержательной интерпретации.

Наиболее перспективными являются эколого-экономические модели, основанные на межотраслевом балансе. Первая расширенная экологическим факторам модель межотраслевого баланса разработана В. Леонтьевым и Д. Фордом (1972). В 1970-х гг. в нашей стране была предложена ее модифици-

рованная схема, по которой проведены практические расчеты для отдельных экономических районов.

Достаточно популярны в 70-80-е годы прошлого века были работы по эколого-экономическому моделированию К.Г. Гофмана и А.А. Гусева (1977), Е.В. Рюминой (1980), В.И. Гурмана (1981), В.И. Денисова (1978), А.Б. Горстко (1977), О.П. Бурматовой (1983), Г.В. Шалабина (1983).

В течение длительного периода времени региональное развитие рассматривалось с точки зрения материального подхода. Строительство новых физических объектов, таких как фабрики и дороги, признавалось самым важным вкладом в развитие данного региона. Ныне концепция регионального развития, ориентированная на знания и инновации, доминирует не только в научной, но также и в практической сфере во всевозрастающем числе стран.

Управление региональным развитием требует профессиональных навыков, отличных от тех, которые сегодня типичны для регионального технократа или бюрократа, и естественно влечет за собой поиск новых способов управления для регионального правительства, которое коренным образом отличается от прежнего. В этом плане региональное правительство, осуществляя стратегическое управление, должно не только работать вместе с населением региона, но и тесно связывать свою деятельность с формированием синергетических агломераций (Boisier et al., 1991), созданием взаимодействующих сетей и современной инфраструктуры, способствующих повышению конкурентоспособности.

Первоначальный вариант предлагаемой модели (эколого-экономическая модель региона) возник в конце 70-х годов и с тех пор интенсивно развивался вслед за становлением и утверждением парадигмы устойчивого развития, совершенствованием математических методов исследования, а также бурным прогрессом в информационных технологиях.

К настоящему времени изначальная концепция модели региона как эколого-экономической переросла в социо-эколого-экономическую. Такое расширение модели потребовало построить систему индексов, адекватно отражающую состояние социальной подсистемы в модели и совместимую с использо-

вавшимися ранее экономическими и экологическими индексами, а также разработать методики эмпирического определения параметров, отражающих взаимодействие социальной подсистемы с экономической и природной подсистемами.

В последнее время модель пополнилась новым блоком, отражающим активные инновационные процессы как важнейший фактор развития. Инновации включают новые продукты, новые технологии, новые способы коммерческого использования товара, освоение новых рынков сбыта, использование новых источников сырья и другие качественные преобразования, изменяющие сложившуюся экономическую ситуацию.

В целом инновационные процессы можно рассматривать как инструмент повышения эффективности экономической деятельности путем осуществления разного рода качественных изменений, проводящих к успеху на рынке. Они вызваны к жизни естественным образом острейшей конкурентной борьбой компаний на рынках сбыта и в настоящее время становятся базовыми стратегиями бизнеса, в которых знания вместе с социальным капиталом создают конкурентные преимущества отдельных стран и регионов в большей степени, чем их природные ресурсы, становятся основными источниками благосостояния и развития.

Такой ход событий следует рассматривать как положительный и с точки зрения современной парадигмы устойчивого развития, для которой характерны требования все более ограниченного природопользования и налаживания циклов воспроизводства природных ресурсов и "чистой" природной среды (природного капитала), что вместе с социальным капиталом, накопленными знаниями и способами их передачи должны создавать условия существования и развития будущих поколений. Такие требования могут быть выполнены лишь на основе использования научно-технических достижений, т.е. при высокой инновационной активности.

В математических моделях, претендующих на удовлетворительное описание устойчивого развития, инновационные процессы должны быть отражены адекватно их значимости. Это ведет к усложнению требований к эмпирическому материалу и методикам его

использования для информационного наполнения новой интегрированной модели, а также к существенным изменениям всего программного комплекса.

Регион при моделировании рассматривается как открытая система, разделенная условно на три взаимодействующих подсистемы: экономическую, природную и социальную. Экономическая подсистема включает традиционные производственный и непроизводственный секторы и нетрадиционные виды деятельности, направленные на восстановление или улучшение в определенном смысле состояния природной и социальной подсистем. Динамика природной и социальной подсистем описывается однотипно. Территориальное распределение не учитывается. Потоки ввоза-вывоза продукции заранее не задаются, а формируются той или иной стратегией развития с учетом сложившихся экономических связей.

Если необходимо учесть территориальное распределение, то регион разбивается на ячейки по административному, географическому или иному принципу; для каждой ячейки строится рассматриваемая модель, а ячейки связываются между собой потоками экономической продукции, природно-экологическими и демографическими миграционными потоками.

Описываются инновационные процессы. Основная методологическая проблема состоит в том, что эти процессы в реальности вплетены органически в общую картину развития, в то время как в модели их необходимо как-то выделить с целью анализа, в частности, для сравнения затрат на их осуществление с общим эффектом, получаемым благодаря этим затратам.

Подход к решению этой проблемы состоит в необходимости разработать модель, учитывающую инновации, через видоизменение созданной ранее, в каком-то смысле традиционной, модели регионального развития без явного описания инноваций, путем дополнения ее специальным блоком, описывающим инновационные процессы. При этом под инновациями понимается любое изменение в благоприятную сторону параметров исходной модели, что можно трактовать и как повышение конкурентоспособности региона при соблюдении требований устойчивого развития.

Выходом данного блока служат изменяющиеся параметры исходной модели в зависимости от интенсивности инновационных процессов и соответствующие этой интенсивности затраты, а на его вход подается ряд переменных исходной модели, таких как качество социума, интенсивность инвестиций, непосредственно влияющих на инновационную активность.

Основная трудность возникает при непосредственном представлении динамики параметров исходной модели из-за большого их числа (порядка квадрата от числа исходных переменных), что влечет появление еще большего числа новых параметров, подлежащих эмпирической оценке (порядка 4-й степени от числа исходных переменных даже при использовании для этого линейной модели как наиболее скромной). Для ее преодоления предусматривается возможность агрегированного описания инновационного блока с разными уровнями агрегирования вплоть до одной скалярной переменной.

Цель создания модели региона - проведение достаточно широкой серии вычислительных экспериментов при широком участии экспертов и руководителей-практиков для выбора обоснованной стратегии развития или некоторого рекомендуемого набора таких стратегий для лиц или органов, принимающих реальные решения с практической пользой для региона в условиях неопределенности. При этом сравниваемые модельные эксперименты должны быть достаточно "смелыми" и качественно различными, т.е. они должны играть роль некоторых содержательных сценариев.

Источниками разнообразных содержательных сценариев могут быть подходы к решению существующих проблем, изначальные идеи, концепции развития, отдельные крупные проекты, упрощения и условности в модели, неопределенность внешних факторов и критериев, практически значимые аппроксимации и интерпретации идеализированных оптимальных решений.

Формальный сценарий - понятие, непосредственно связанное с математической моделью. Под этим подразумевается любая заданная комбинация входов, которыми в зависимости от конфигурации модели могут быть:

а) постоянные для данного региона параметры или их временные зависимости;

б) начальные значения всех переменных состояния;

в) нерасшифрованные функции (множества) в ограничениях и уравнениях;

г) программы управлений как функции времени.

Рассматриваются следующие характерные конфигурации:

♦ модель "в чистом виде", без оптимизации; в этой конфигурации требуется (и допускается) наибольшее число входов;

♦ модель с частичной оптимизацией в терминах производной задачи;

♦ модель с полной (уточненной) оптимизацией посредством универсального алгоритма улучшения.

В условиях дефицита информации и с учетом сложившихся традиций в статистике все функции могут при расшифровке приниматься линейными как требующими минимума информации для описания, а ограничения представляются посредством сравнительно простых неравенств. Могут использоваться аналогичные неравенства относительно линейных комбинаций (например, если требуется отразить ограниченность суммарных инвестиций в регион, которые распределяются пропорционально степени рентабельности традиционных видов деятельности или по приоритетам отдельных секторов).

Формальные сценарии возникают, например, при "переводе" содержательных сценариев на язык модели; при этом одному и тому же содержательному сценарию могут отвечать различные интерпретации, т.е. различные формальные сценарии. Другим важным источником формальных сценариев служит анализ чувствительности модели и оптимальных решений к параметрам и неопределенностям. Такой анализ позволяет выявить, с одной стороны, группу наиболее значимых параметров, в отношении которых требования к эмпирическим данным должны быть особенно жесткими, а с другой - возможные несущественные компоненты и связи, игнорирование которых позволяет упростить модель или ее информационное наполнение.

Экономическое содержание инноваций выражается в изменении параметров, ранее предполагаемых постоянными, в сторону выс-

вободнения производственных ресурсов; прежде всего, меняются показатели материалоемкости, трудоемкости, фондоемкости. Эти основные показатели на разных этапах экономического развития подвержены влиянию инновационного процесса в разной степени.

Одним из блоков модели регионального инновационного развития является оценка фактора научно-технического прогресса, учитывающего, наряду с факторами стоимости основных фондов и численности занятых в региональной экономике, его влияние на динамику валового регионального продукта.

Одной из достаточно известных и практически реализуемых моделей этого блока является производственная функция, учитывающая фактор нейтрального научно-технического прогресса в темповой зависимости. Наряду со связями объемных показателей выпуска и затрат ресурсов, могут быть рассмотрены связи между темпами прироста этих показателей. Здесь будем говорить о макроэкономических производственных функциях, связывающих величину совокупного продукта (дохода) Y с затратами капитала K и труда L , но все это легко распространяется на любые другие производственные функции.

Пусть величины K и L являются непрерывными дифференцируемыми функциями времени (K_t и L_t). В таком случае они представляют не объемы использованных ресурсов за определенный период времени, а "интенсивности" их использования в каждый момент времени. Таким образом, производственной функции в объемных показателях соответствует линейная зависимость темпов прироста:

$$y_t = \hat{a} \cdot K_t + \hat{a} \cdot L_t + \tilde{a}.$$

Из приведенных соображений вытекает, что показатель \tilde{a} - свободный член произ-

водственной функции в темповой записи - это темп нейтрального технического прогресса. Это та часть темпа прироста выпуска, которая не связана с приростом затрат капитала и труда, а отражает интенсификацию производства на региональном уровне.

Исходные данные для разработки экономико-математической модели регрессионной зависимости цепных темпов прироста валового регионального продукта Самарской области от изменения цепных темпов прироста стоимости основных фондов и численности занятых с учетом изменения фактора нейтрального научно-технического прогресса представлены в таблице.

Постановка и решение задачи проведения в матричной форме, где:

Y - вектор-столбец цепных темпов прироста валового регионального продукта;

X - матрица цепных темпов прироста стоимости основных фондов и численности занятых в региональной экономике;

E - вектор-столбец свободного члена и коэффициентов множественной линейной регрессии;

R - коэффициент множественной детерминации.

$$Y := \begin{pmatrix} 22.8 \\ 21.4 \\ 23.1 \\ 16.8 \\ -17.0 \\ -4.8 \end{pmatrix} \quad X := \begin{pmatrix} 1 & -0.6 & 9.2 \\ 1 & 2.4 & 9.3 \\ 1 & 3.6 & 15.6 \\ 1 & 0.0 & 14.6 \\ 1 & -1.8 & -1.2 \\ 1 & -0.6 & 0.1 \end{pmatrix}$$

$$E := (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y \quad E = \begin{pmatrix} -5.294 \\ 1.219 \\ 1.899 \end{pmatrix}$$

Исходные данные для регрессионного анализа зависимости темпов прироста валового регионального продукта от изменения темпов прироста факторных признаков

Показатели	Годы						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Валовой региональный продукт в текущих ценах, млрд. руб.	327,1	401,8	487,7	600,4	701,0	581,8	554,1
Темп прироста цепной, %	-	22,8	21,4	23,1	16,8	-17,0	-4,8
Численность работников, млн. чел.	1,65	1,64	1,68	1,71	1,71	1,68	1,67
Темп прироста цепной, %	-	-0,6	2,4	3,6	0,0	-1,8	-0,6
Основные фонды, млрд. руб.	966,9	1056,3	1154,4	1334,0	1528,5	1510,0	1512,0
Темп прироста цепной, %	-	9,2	9,3	15,6	14,6	-1,2	0,1
Порядковый номер периода	1	2	3	4	5	6	7

Источник: Научные исследования и инновации. URL : <http://www.samarastat.ru/digital/nauka/default.aspx>. Загл. с экрана.

$$R := \frac{E^T \cdot X^T \cdot Y - 6 \cdot 10.38^2}{Y^T \cdot Y - 6 \cdot 10.38^2} \quad R = 0.806.$$

Следовательно, экономико-математическая модель производственной функции в темповой записи с учетом фактора научно-технического прогресса имеет вид

$$y_t = 1.219 \cdot I_t + 1.899 \cdot K_t - 5.294.$$

Оценка точности экономико-математической модели дается на основе равенства правой и левой частей регрессионного уравнения при подстановке средних значений результативного и факторного признаков:

$$10.38 \approx 1.219 \cdot 0.5 + 1.899 \cdot 7.933 - 5.294;$$

$$10.38 \approx 10.3805.$$

Влияние факторных признаков на среднегодовое увеличение цепных темпов прироста валового продукта Самарской области на 10.38% за период 2004-2010 гг. следующее:

◆ за счет увеличения среднегодовых темпов прироста численности занятых на 0.6095%;

◆ за счет увеличения среднегодовых темпов прироста стоимости основных фондов на 15.065%;

◆ за счет снижения влияния фактора научно-технического прогресса на 5.294%.

Снижение влияния фактора нейтрального научно-технического прогресса объясняется кризисной и посткризисной экономической ситуацией в 2009-2010 гг., падением валового регионального продукта, снижением объемов инвестиций и т.д.

¹ Повестка дня на XXI век. URL : <http://www.un.org/russian/conferen/wssd/agenda21>. Загл. с экрана.

² Леонтьев В.В. Избранные произведения. Специальные исследования на основе методологии "затраты-выпуск". М., 2006. Т. 2. 543 с.

Поступила в редакцию 20.05.2010 г.