

Соболева Ольга Николаевна

канд. экон. наук, декан

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

г. Киров, Кировская область

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

***Аннотация:** в статье рассмотрены подходы к моделированию инновационных процессов на основе межрегиональной интеграции. Экономико-математическое моделирование выступает основным инструментом моделирования реализации инновационных проектов на межрегиональном уровне.*

***Ключевые слова:** инновационный процесс, имитационное моделирование, экономико-математическое моделирование, межрегиональная интеграция.*

Управление инновационными процессами на базе имитационного моделирования сегодня становится обязательным этапом в принятии ответственных решений во всех областях деятельности человека в связи с усложнением систем, в рамках которых специалист должен действовать и которыми он должен управлять. Адекватность модели объекту исследований всегда ограничена и зависит от цели моделирования. Всякая модель не учитывает некоторые свойства оригинала и поэтому является его абстракцией. Смысл абстрагирования заключается в отвлечении от некоторых несущественных в данном контексте свойств предмета и одновременном выделении существенных свойств.

Экономико-математические модели отражают наиболее существенные свойства реального объекта или процесса с помощью системы уравнений. Единой классификации экономико-математических моделей также не существует, хотя можно выделить наиболее значимые их группы в зависимости от признака классификации [3].

По степени агрегирования объектов моделирования различают модели: микроэкономические; одно-, двухсекторные (одно-, двухпродуктовые); многосекторные (многопродуктовые); макроэкономические; глобальные.

По учету фактора времени различают модели: статические; динамические.

По цели создания и применения различают модели: балансовые, эконометрические, оптимизационные, сетевые, систем массового обслуживания, имитационные (экспертные).

По учету фактора неопределенности различают модели: детерминированные (с однозначно определенными результатами), стохастические (с различными вероятностными результатами).

По типу математического аппарата различают модели: линейного и нелинейного программирования. корреляционно-регрессионные, матричные, сетевые, теории игр. теории массового обслуживания и т. д.

Имитационное моделирование (ИМ) – распространённая разновидность аналогов моделирования, реализуемого с помощью набора математических инструментальных средств, специальных имитирующих программных средств и технологий программирования, позволяющих посредством процессов аналогов провести целенаправленное исследование структуры и функций реального сложного процесса в памяти компьютера в режиме «имитации», выполнить оптимизацию некоторых его параметров [4].

Имитационной моделью (ИМ) называется специальный программный комплекс, позволяющий имитировать деятельность какого-либо сложного объекта. Он выполняет на компьютере параллельно взаимодействующие процессы, которые являются по своим временным параметрам (с точностью по масштабам времени и пространства) аналогами исследуемых процессов.

В отсутствие возможностей экспериментирования над реальными экономическими системами моделирование служит мощным инструментом исследования объектов косвенным путем при помощи анализа некоторых других вспомогательных объектов. Эти объекты и называются моделями.

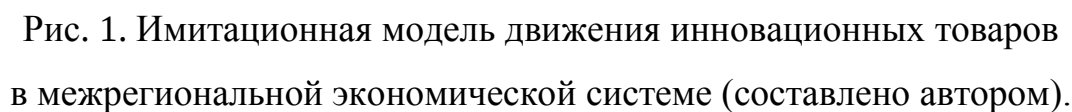
Первую количественную попытку анализа национальной экономики предпринял лейб-медик короля Людовика XV Франсуа Кенэ. В 1758 году он опубликовал работу «Экономическая таблица».

Книга О. Курно «Исследование математических принципов теории богатства» (1838 г.) – первая, в которой последовательно изложены математические модели экономики для анализа конкуренции на рынке товаров при различных рыночных ситуациях (модель дуополии, равновесие Курно). В XX в. Математические методы анализа экономических систем окончательно утвердились как методология их исследования благодаря трудам Л. Вальраса, В. Парето, Ф. Эджуорта, П. Самуэльсона и др. Переходу на более строгий математический язык процессов моделирования способствовало развитие:

Системного анализа. В России к серьезным достижениям в этой области можно отнести модели поведения потребителя Е. Слуцкого открытие длинных волн в экономике Н. Кондратьева, разработку первого баланса народного хозяйства В Леонтьевым, труды Конторовича, В. Новожилова, В Немчинова, А Лурье, Н Федоренко, В. Шаталина, А. Аганбедян, А. Анчишкина, Л. Гранберга, В Макарова, Д. Львова, В Полтеровича и др.

В настоящее время проблема разработки инструментария оценки влияния управленческих решений на уровне региональной экономики не решена. Учитывая, что мероприятия региональной политики носят, как правило, долгосрочный характер, был разработан инструментарий оценки влияния инновационной активности на развитие экономики региона на среднесрочную и долгосрочную перспективу. В качестве такого инструментария предлагается межрегиональная имитационная модель, позволяющая оценить эффективность инновационной активности различных управленческих решений для региона и выбрать оптимальный вариант на примере региональной промышленной политики, на основе сценарного подхода.

Предлагаемая имитационная модель включает несколько блоков взаимосвязи субъектов инновационного процесса в рамках межрегиональной интеграции.



Организации, принимающие участие в фундаментальных и прикладных исследованиях (блок НИР, ОКР) создают инновационный продукт в количестве X_N в единицу времени, которые могут потребляться самими организациями $X_N^{(1)}$,

предприятиями региональной экономической системы X_N^P производящие средства производства, предметы труда, продукцию конечного потребления, выступающие в качестве посредников, реализовать инновационных продукт в другие регионы X_{N1} , а так же являться потребителями научных исследований из других регионов в виду их отсутствия на территории данной экономической системы X_{N2} .

Таким образом, потребляемое или используемое региональной экономической системой количество инновационных продуктов в единицу времени определяется выражением:

$$X_N^P = X_N - X_{N1} + X_{N2} \quad (1)$$

Величины X_N^P , X_N , X_{N1} и X_{N2} имеют одинаковую равномерность, но различную внутреннюю структуру, т.к. они не могут заменять друг друга при их потреблении или использовании. Это является основной причиной потребления инновационных продуктов данного этапа за пределами рассматриваемой региональной экономической системы.

Следовательно, имеет место следующее балансовое соотношение:

$$X_N^P = X_N^{(1)} + X_N^{(2)} + X_N^{(3)} \quad (2)$$

Тогда для произведенного количества инновационных продуктов X_N с учетом применения формул (1) и (2) можно записать:

$$X_N = X_N^P + X_{N1} - X_{N2} = X_N^{(1)} + X_N^{(2)} + X_N^{(3)} + X_{N1} - X_{N2} \quad (3)$$

Предприятия по производству основных производственных фондов (блок ПОПФ) производят основные фонды в количестве X_U в единицу времени, которые могут потребляться самими предприятиями $X_U^{(1)}$, предприятиями региональной экономической системы X_U^P производящие предметы труда, производящие продукцию конечного потребления и выступающие в качестве посредников, реализовывать в другие регионы X_{U1} , а так же являться потребителями основных производственных фондов из других регионов в виду отсутствия их производства на территории данной экономической системы X_{U2} .

Таким образом, потребляемое или используемое региональной экономической системой количество инновационных основных производственных фондов в единицу времени определяется выражением:

$$X_U^P = X_U - X_{U1} + X_{U2} \quad (4)$$

Величины X_U^P , X_U , X_{U1} и X_{U2} имеют одинаковую равномерность, но различную внутреннюю структуру, т.к. они не могут заменять друг друга при их потреблении или использовании. Это является основной причиной потребления основных производственных фондов за пределами рассматриваемой региональной экономической системы.

Следовательно, имеет место следующее балансовое соотношение:

$$X_U^P = X_U^{(1)} + X_U^{(2)} + X_U^{(3)} + X_U^{(4)} + X_U^{(5)} \quad (5)$$

Тогда для произведенного количества основных производственных фондов X_U с учетом применения формул (1) и (2) можно записать:

$$X_U = X_U^P + X_{U1} - X_{U2} = X_U^{(1)} + X_U^{(2)} + X_U^{(3)} + X_U^{(4)} + X_U^{(5)} + X_{U1} - X_{U2} \quad (6)$$

Предприятия по выпуску оборотных фондов производят предметы труда в количестве X_V в единицу времени. Таким образом, потребляемое для данной экономической системы количество оборотных фондов X_V^P в единицу времени определяется равенством:

$$X_V^P = X_V - X_{V1} + X_{V2} \quad (7)$$

При этом необходимое количество оборотных фондов рассматриваемой экономической системой X_V^P распределяется следующим образом: часть поступает в организации занимающимися НИР $X_N^{(1)}$, на предприятия производящие основные производственные фонды $X_V^{(1)}$, часть поступает на предприятия занимающихся собственно производством оборотных фондов $X_V^{(2)}$, основными потребителями выступают организации посредники $X_V^{(3)}$ и предприятия производящие продукцию конечного потребления $X_V^{(4)}$. Рассмотренное распределение оборотных фондов представим в виде неравенства:

$$X_V^P = X_V^{(1)} + X_V^{(2)} + X_V^{(3)} + X_V^{(4)} \quad (8)$$

Из формул (4) и (5) получим:

$$X_V = X_V^{(1)} + X_V^{(2)} + X_V^{(3)} + X_V^{(4)} + X_{V1} - X_{V2} \quad (9)$$

Организации, выступающие в качестве посредников (блок ПП) не производят продукции, но принимают участие в формировании добавочной стоимости продуктов, которые выступают объектом купли продажи X_Z , рассматриваемые организации реализуют продукцию всем участникам региональной экономической системы, в соответствии с возникающими потребностями $X_Z^{(1)}$, $X_Z^{(2)}$, $X_Z^{(3)}$, $X_Z^{(4)}$. Так же данные организации могут потреблять продукцию других регионов реализуя ее в данной экономической системе X_{Z2} , а тек же реализовывать излишки на сторону X_{Z1} . Потребное количество товаров, реализуемое организациями посредниками X_Z^P представим уравнением:

$$X_Z^P = X_Z - X_{Z1} + X_{Z2} \quad (10)$$

Отметим, что каждый компонент продукции имеет свою структуру конечного потребления, но в данной постановке задачи они не учитываются.

Представим уравнение продукции, закупаемой и продаваемой организациями посредниками для обеспечения жизнедеятельности данной экономической системы:

$$X_Z^P = X_Z^{(1)} + X_Z^{(2)} + X_Z^{(3)} + X_Z^{(4)} \quad (11)$$

Из формул (10) и (11) получим:

$$X_Z = X_Z^{(1)} + X_Z^{(2)} + X_Z^{(3)} + X_Z^{(4)} + X_{Z1} - X_{Z2} \quad (12)$$

Предприятия по выпуску продукции конечного потребления (блок ПКП) производят ее в количестве X_K в единицу времени. Предприятие может реализовывать излишки продукции на сторону в размере X_{K1} , так же возможна подкупа продукции со стороны для обеспечения нужд работников предприятий X_{K2} . Тогда потребное количество готовой продукции для обеспечения жизнедеятельности рассматриваемой экономической системы X_K^P в единицу времени представим в виде уравнения:

$$X_K^P = X_K - X_{K1} + X_{K2} \quad (13)$$

Особенностью данного производства является то, что она идет только для личного потребления людей, проживающих как на территории данной экономической системы, так и за ее пределами, то есть:

$$X_K^P = X_K^{(4)} \quad (14)$$

Из формул (13) и (14) получим:

$$X_K = X_K^{(4)} + X_{K1} - X_{K2} \quad (15)$$

Люди, входящие в состав экономической системы X_T , трудятся на производстве основных производственных фондов $X_T^{(1)}$, оборотных фондов $X_T^{(2)}$, посреднических организациях $X_T^{(3)}$ и предприятиях, создающих конечные продукты потребления $X_T^{(4)}$. Таким образом, можно записать:

$$X_T = X_T^{(1)} + X_T^{(2)} + X_T^{(3)} + X_T^{(4)}, \quad (16)$$

Часто параметры $X_U^{(i)}$, $X_V^{(i)}$, $X_Z^{(i)}$, $X_T^{(i)}$, ($i = 1, 2, 3, 4$), задаются в долях от величин X_U^P , X_V^P , X_Z^P , X_K^P соответственно.

Следовательно, потребность для функционирования предприятий и организаций экономической системы, потоки основных производственных фондов X_U^P , распределяются следующим образом:

$$\begin{aligned} X_U^{(1)} &= a_u X_U^P, \\ X_U^{(2)} &= b_u X_U^P, \\ X_U^{(3)} &= c_u X_U^P, \\ X_U^{(4)} &= d_u X_U^P. \end{aligned} \quad (17)$$

Увеличение производственных возможностей общества сопряжено с первоначальным финансовым вложением в средства производства, производство которых способствует увеличению предметов потребления, созданию дополнительных рабочих мест, повышению уровню жизни людей и экономики региона.

Некоторые авторы придерживаются мнения, что невозможность осуществления долгосрочных прогнозов, непосредственно связана с феноменом инноваций, которые по своей природе приводят к возникновению новых возможностей развития. Фактически каждая инновация означает бифуркацию траектории движения системы. Между тем каждая альтернатива развития со временем сама бифурцирует и порождает дополнительные разветвления, которое в литературе получило название «поваленного фигового дерева» [1].

Важным показателем социально-экономического развития региона выступает валовой региональный продукт (далее ВРП). Следовательно, экономический рост региона можно измерить приростом валового регионального продукта

(ВРП). Анализ показал, что динамика результирующего показателя деятельности региона (ВРП) демонстрирует экспоненциальный рост во времени, что характерно для поведения систем с циклом положительной обратной связи.

Для объяснения механизма функционирования региональной инновационной системы и оценки влияния характеристик инновационной системы на региональное развитие была разработана системно-динамическая модель влияния факторов на валовой региональный продукт, концептуальная схема которой приведена на рис. 2.

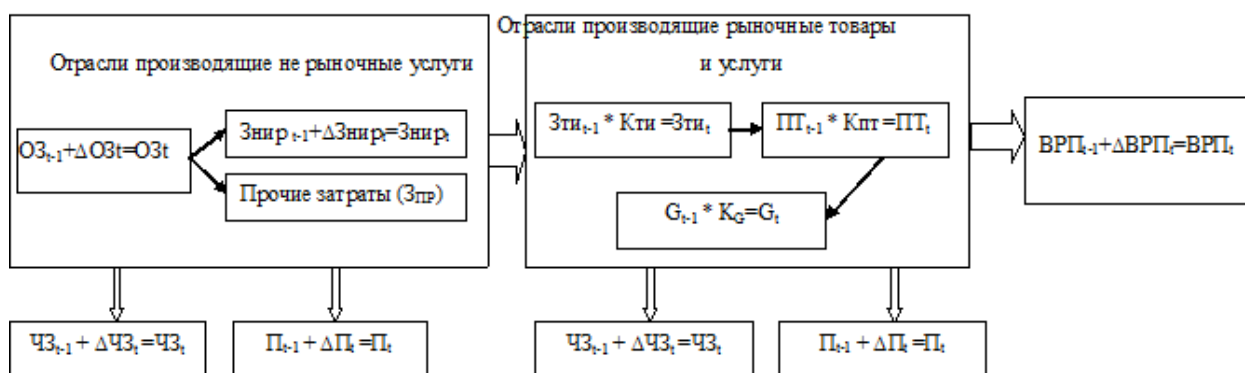


Рис. 2. Системно-динамическая модель влияния факторов на валовой региональный продукт

В формировании ВРП принимают участие отрасли, которые занимаются производством рыночных товаров и услуг, и так же отрасли производящие не рыночные услуги, принимающие участие в научно-исследовательской деятельности (НИР). Цикл предлагаемой нами модели начинается с финансирования инновационной деятельности, а именно – с затрат на НИР. Затраты на НИР включают в себя затраты на оплату труда занятых в сфере исследований и разработок. К затратам на научно-исследовательские работы в предыдущем периоде $Z_{nir,t-1}$ суммируется прирост затрат на научно-исследовательские работы $\Delta Z_{nir,t}$ в результате мы получаем общую сумму затрат на научно-исследовательские работы в текущем периоде $Z_{nir,t}$. В формировании суммы общих затрат OZ_t принимают участие прочие затраты $Z_{пр}$. Таким образом, мы закладываем в модель расчет численности занятых $ЧЗ_t$ в сфере исследований и разработок как функцию от затрат на НИР. Результат исследований и разработок выступают новые знания, которые мы оцениваем на основании числа созданных технологий и патентов $П_t$.

На конечный результат оказывает воздействие множество факторов. Остановимся на трех основных моментах. В литературе [2] (для моделирования количества производимых знаний часто используется производственная функция типа Кобба-Дугласа, причем эмпирически возможность использования этой функции подтверждается для агрегированных уровней рассмотрения – отрасли, страны. Исходя из логики такой функции, основными факторами производства являются труд и капитал. В нашем случае труд – это число занятых в НИР, а капитал мы оцениваем через затраты на НИР. Кроме того, мы исходим из того, что дополнительным фактором, определяющим производство новых знаний, является объем уже известных знаний. Т.е. здесь к категориям потока (занятость и затраты на НИР) мы добавляем категорию запаса (объем накопленных знаний).

В новые отрасли производящие рыночные товары и услуги осуществляется финансирование на технологические инновации Z_{it} , результатом которых являются инновации представляющие собой конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового либо усовершенствованного продукта или услуги, внедренных на рынке, нового либо усовершенствованного процесса или способа производства (передачи) услуг, используемых в практической деятельности. Во-первых, использование новых технологий определяется наличием этих технологий. Во-вторых, внедрение новых технологий подразумевает осуществление затрат, например, на приобретение нового технологического оборудования, способствующие увеличению производительности труда PT_t и объема производимой продукции G_t в регионе. Объем товаров и услуг в регионе G_t в текущем периоде мы получаем с учетом коэффициент прироста товаров и услуг в регионе K_G .

Производительность труда вместе с численностью занятых в экономике региона, обуславливают динамику ВРП. Экономика должна быть готова воспринять технологии, для этого должны существовать определенные абсорбционные способности, которые можно измерить, в том числе, долей занятых в НИР. Последняя есть отношение эндогенной расчетной величины занятых в НИР к экзогенной переменной занятости в экономике региона.

Цикл модели замыкается тем, что определенная доля ВРП через налоговые поступления в бюджет направляется на финансирование НИР и ТИ. Кроме этого, НИР и ТИ финансируются из внешних источников, прежде всего средств федерального бюджета – экзогенной переменной модели. Что касается затрат на НИР, то от половины до двух третей (в разные периоды времени) этих затрат финансируется за счет средств федерального бюджета.

В итоге можно сделать вывод, что предлагаемая модель имитационного моделирования инновационного процесса в межрегиональной интеграции позволит наиболее объективно провести расчет эффективности каждого участника в соответствии с его вкладом.

Список литературы

1. Путь в синергетику. Экскурс в десяти лекциях. М.: КомКнига, 2005.
2. Audretsch D. & Feldman M., 2003. Knowledge Spillovers and the Geography of Innovation. Prepared for the Handbook of Urban and Regional Economics, Volume 4
3. Лискина Е.Ю. Экономико-математические модели: учебное пособие / Е.Ю. Лискина; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. – Рязань, 2009 – 110 с.
4. Н.Л. Леонова, Имитационное моделирование: конспект лекций / Н.Л. Леонова; СПбГТУРП. – СПб., 2015 – 94 с.