

Полякова О. Ю., Омаров Ш. А. О.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ СТРАНЫ НА ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассматриваются сущность и особенности применения имитационного моделирования при анализе и прогнозировании социально-экономического развития регионов страны. Показано, что в основе такого моделирования лежат диаграммы причинно-следственных связей – когнитивные карты, и исследование проблемы на основе когнитивной карты происходит путем распространения импульсного процесса. Рассмотрен и проанализирован ряд современных имитационных (когнитивных) моделей регионального развития, предложенных в научной литературе, которые демонстрируют использование данного инструментария как при моделировании показателей макроэкономической динамики, так и локальных показателей социально-экономического развития региона. Выделены основные достоинства и недостатки применения когнитивных моделей в моделировании макроэкономического развития и региональной динамики.

*Ключевые слова:* моделирование, регион, имитационная модель, когнитивная карта

*Рис.: 2. Формул: 2. Библ.: 9.*

**Полякова Ольга Юрьевна** – кандидат экономических наук, доцент, кафедра экономической кибернетики, Харьковский национальный экономический университет (пр. Ленина, 9а, Харьков, 61166, Украина)

**Омаров Шахин Анвер Оглы** – кандидат экономических наук, доцент, соискатель, Научно-исследовательский центр индустриальных проблем развития НАН Украины (пл. Свободы, 5, Госпром, 7 подъезд, 8 эт., Харьков, 61022, Украина)

UDC 519.86

Полякова О. Ю., Омаров Ш. А. О.

## МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ КРАЇНИ НА ОСНОВІ ІМПУЛЬСНИХ ПРОЦЕСІВ

У статті розглядаються сутність та особливості застосування імітаційного моделювання при аналізі та прогнозуванні соціально-економічного розвитку регіонів країни. Показано, що в основі такого моделювання лежать діаграми причинно-наслідкових зв'язків – когнитивні карти, та дослідження проблеми на основі когнитивної карти відбувається шляхом поширення імпульсного процесу. Розглянуто та проаналізовано низку сучасних імітаційних (когнитивних) моделей регіонального розвитку, запропонованих у науковій літературі, які демонструють використання даного інструментарію як при моделюванні показників макроекономічної динаміки, так і локальних показників соціально-економічного розвитку регіону. Виділено основні переваги та недоліки застосування когнитивних моделей в моделюванні макроекономічного розвитку та регіональної динаміки.

*Ключові слова:* моделювання, регіон, імітаційна модель, когнитивна карта

*Рис.: 2. Формул: 2. Бібл.: 9.*

**Полякова Ольга Юрїївна** – кандидат економічних наук, доцент, кафедра економічної кібернетики, Харківський національний економічний університет (пр. Ленїна, 9а, Харків, 61166, Україна)

**Омаров Шахїн Анвер Оглі** – кандидат економічних наук, доцент, здобувач, Науково-дослідний центр індустриальних проблем розвитку НАН України (пл. Свободы, 5, Держпром, 7 підїзд, 8 поверх, Харків, 61022, Україна)

UDC 519.86

Polyakova O. Y., Omarov S. A.

## MODELING OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE COUNTRY ON THE BASIS OF PULSE PROCESSES

The article deals with the nature and characteristics of simulation for analyzing and forecasting the socio-economic development of the country. It is shown that the basis of such simulations are diagrams causality - cognitive map and study the problem on the basis of a cognitive map is through the distribution of the pulsed process. It was reviewed and analyzed a number of modern simulation (cognitive) models of regional development proposed in the scientific literature that demonstrate the use of this tool as the modeling of the dynamics of macroeconomic indicators and indicators of local economic and social development of the region. The basic advantages and disadvantages of the use of cognitive models in the modeling of macroeconomic and regional dynamics were defined.

*Keywords:* simulation, region, simulation model, cognitive map

*Fig.: 2. Formulae: 2. Bibl.: 9.*

**Polyakova Olga Yu.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Department of Economic Cybernetics, Kharkiv National University of Economics (pr. Lenina, 9a, Kharkiv, 61166, Ukraine)

**Omarov Shakhin A.-O.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Applicant, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (pl. Svobody, 5, Derzhprom, 7 pidydz, 8 poverkh, Kharkiv, 61022, Ukraine)

Управление социально-экономическим развитием региона должно базироваться на обоснованном прогнозе будущего, сформированного с учетом особенностей функционирования всех элементов региональной системы.

Для целей анализа характера динамики и выявления возможных скрытых взаимосвязей между элементами региональной системы используется имитационное моделирование, основу которого составляют знаковые ори-

ентированные графы. Такое моделирование еще называют когнитивным, поскольку в основе его лежат диаграммы причинно-следственных связей – когнитивные карты.

В рамках такого подхода система представляется в виде совокупности вершин графа, в каждой из которых помещается одна переменная. Вершины соединяются ориентированными дугами, направление которых соответствует направлению влияния переменных друг на друга.

Изменение значения в одной вершине (импульс) в следующий момент времени приводит к изменениям значений во всех связанных с ней вершинах. Если в некоторый момент переменная изменяется под влиянием импульсов в нескольких влияющих на нее вершинах, то в общем виде эти изменения могут описываться следующим образом:

$$x_i(t_{n+1}) = x_i(t_n) + \sum_{v_j: e=e_{ij} \in E}^{k-1} f(x_i, x_j, e_{ij})P_j(t_n) + Q_i(t_{n+1}) \quad (1)$$

$$\text{или } x_i(t_{n+1}) = x_i(t_n) + \sum_{v_j: e=e_{ij} \in E}^{k-1} f(x_i, x_j, e_{ij})P_j(t_n), \quad (2)$$

где  $x_i$  – параметры вершин;

$e_{ij}$  – ориентированные дуги, соединяющие вершины,

$E$  – множество дуг;

$f(x_i, x_j, e_{ij})$  – функционал преобразования дуг, ставящий в соответствие каждой дуге либо знак («+», «-»), либо весовой коэффициент, либо функцию  $f_{ij}$ , причем зависимость может быть не только функциональной, но и стохастической;

$P_j(t_n)$  – импульс в предыдущий момент времени;

$Q_i(t_{n+1})$  – импульс в данную вершину в текущий момент времени;

$v_j$  – вершины;

$t_n$  – моменты времени.

Таким образом, если в начальный момент в системе некоторая переменная получила импульс, то за время моделирования можно проследить его распространение по системе в целом и характер этого распространения (нарастание, затухание, колебания и т. д.).

Проблемы имитационного моделирования различных экономических систем и ситуаций исследуются в работах как зарубежных, так и отечественных ученых, таких как Дж. Форрестер, Ф. С. Робертс, М. Джексон, Б. Коско, а также Е. Б. Грибанова, Р. М. Нижегородцев, Н. А. Кизим, Н. Б. Кобелев, А. А. Кочкаров, Д. И. Макаренко, В. И. Максимов, Д. А. Новиков, В. Н. Сидоренко, С. С. Солохин, Е. Ю. Хрусталева и др. Однако, принимая во внимание сложность исследуемых систем и ситуаций, инструментарий имитационного моделирования, а также навыки его применения в исследованиях различных социально-экономических проблем постоянно совершенствуются. В связи с этим интересным является анализ современной практики применения данного инструментария, а также выделение его достоинств и недостатков.

В работах зарубежных и отечественных авторов предлагаются различные варианты когнитивных моделей социально-экономического развития регионов.

Так, в работе [1] предложена имитационная модель экономики региона, построенная на основе изложенного принципа. Она включает 15 основных параметров: физический объем производства, инвестиции, издержки производства, уровень цен, объем денежной массы, технологический прогресс, производительность труда, занятость, уровень жизни, социальные программы, теневая экономика, налоговые ставки, бюджет, макроэкономический риск, внешние факторы развития.

Связи между данными параметрами не всегда поддаются однозначной оценке как по всему диапазону значений, так и для различных объектов. Например, в [1] отмечается, что для регионов, ориентированных на иностранные инвестиции, рост макроэкономического риска ослабляет влияние внешних факторов развития, тогда как для дотационных регионов, напротив, он влечет за собой возрастание поступающих извне инвестиционных ресурсов.

Таким образом, регионы страны (на примере субъектов Российской Федерации) авторы условно разделяют на пять типов [1]:

- 1) дотационные, обладающие внутренним потенциалом развития;
- 2) хронически депрессивные, практически лишенные собственного экономического потенциала;
- 3) развитые экспортно-ориентированные;
- 4) развитые изолированные, опирающиеся преимущественно на стратегию импортозамещения;
- 5) теневые, развитие которых обусловлено факторами, в известной мере неподконтрольными федеральным властным структурам.

Классификационным признаком при выделении этих типов являются особенности государственного управления. Выделение теневых регионов характерно для постсоветского пространства – это единственный тип регионов, в котором государственной власти частично неподконтрольны факторы (как внешние, так и внутренние), существенно воздействующие на их экономическую динамику.

В работе [1] развитие этих типов регионов моделируется в отдельности. При формировании системы управляющих воздействий всякий раз предполагалось, что государственная власть способна в известных пределах оказывать прямое влияние на величину инвестиций, расходов на социальные программы, объем денежной массы и уровень налоговых ставок. Управляющие воздействия вносятся на первых шагах импульсного процесса с тем, чтобы в течение так называемого целевого периода обеспечить неувядание уровня жизни и физического объема производства и невозрастание макроэкономического риска.

Особенности регионов учитываются авторами при определении связей на графе, их направления и силы влияния.

Для дотационных регионов предполагается, что спад физических объемов производства вызывает усиление внешних факторов развития, наполняющих бюджет и увеличивающих производственные инвестиции, а в небольшой степени – также и социальные программы.

В хронически депрессивных регионах падение физических объемов производства и снижение уровня жизни приводят к необходимости наращивания внешних факторов развития, наполняющих бюджет и обеспечивающих рост социальных расходов, а также в небольшой степени производственных инвестиций. В депрессивных регионах рост физических объемов производства не приводит к ускорению технологического прогресса, который обеспечивается принципиально иными внешними причинами, а рост производительности труда не снижает уровень макроэкономического риска.

Главным элементом знакового графа, моделирующего поведение экспортно-ориентированных регионов, является вершина, соответствующая внешним факторам развития, которые в данном случае представляют собой эффективность внешнеэкономической деятельности региона. Они оказывают влияние на экономическую систему через внешние инвестиции, поддержку социальных программ и наполнение бюджета региона. Однако внешние источники развития слабеют с возрастанием издержек производства, налоговых ставок, макроэкономического риска и с ростом влияния теневых структур.

На динамику экономических показателей изолированных регионов внешние факторы не оказывают существенного влияния, а возможен лишь эквивалентный обмен при условии нейтрального сальдо платежного баланса. Поэтому обратная связь, отражающая логику поведения внешних инвесторов, отражает то, что рост макроэкономического риска уменьшает объем инвестиций.

Наконец, в теневых регионах макроэкономический риск не снижает инвестиций, поскольку их источником служит общий бюджет региона, формируемый как официальными внутренними и внешними источниками, так и «инвесторами», за-

интересованным в развитии теневых структур. В связи с этим увеличение риска лишь незначительно ослабляет внешние источники развития, а рост объемов производства и уровня жизни несущественно стимулируют рост налоговых ставок.

Для построения модели региональной экономики делается ряд допущений относительно смысла отдельных параметров и связей, существующих между ними. Эти допущения должны пересматриваться при адаптации построенных моделей к экономике конкретной страны или региона, а также для моделирования различных этапов развития экономики.

Необходимо отметить, что когнитивный подход используется при моделировании региональной динамики как для показателей макроэкономической динамики регионов, так и для отдельных, локальных показателей.

На рис. 1 представлен частный пример одной из разработанных социально-экономических подсистем, когнитивная карта «Уровень жизни населения». Импульсы распространяются в системе по аддитивному правилу (1).

Проведенные эксперименты показали, что численность населения и денежные доходы населения существенно колеблются даже на 10 периодах.

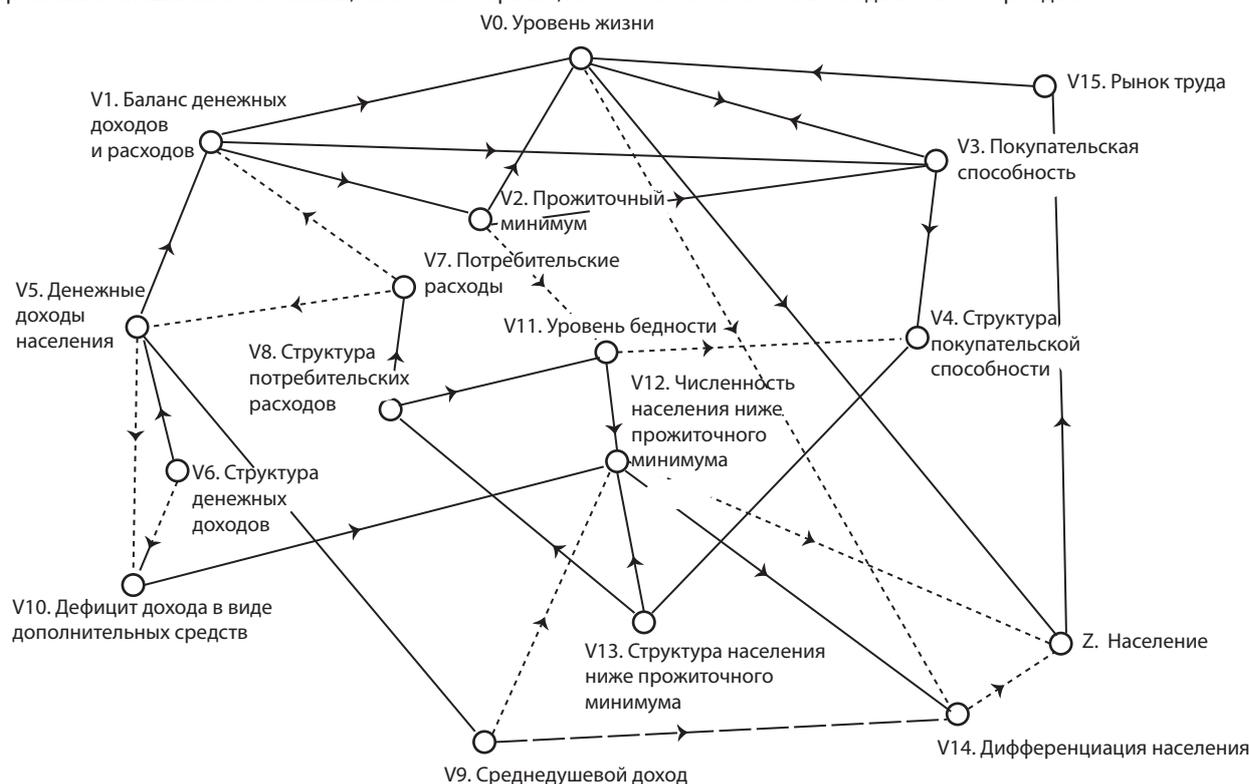


Рис. 1. Когнитивная карта «Уровень жизни населения» [1]

На рис. 2 представлена упрощенная, типичная для небольших регионов, структура социально-экономической системы [2]. Система состоит из пяти основных элементов: СП – социальное положение (напряженность) в регионе, ОЭ – оппозиционная элита региона, УЭ – управленческая элита региона, ВА – внешний арбитр, ЭА – экономическая активность региона. Для моделирования динамики используется мультипликативная форма определения состояния вершин (2).

В работе проведен анализ управляющих воздействий со стороны внешнего арбитра как основного инструмента повышения значений показателей качественного состояния элементов системы. Результаты моделирования показали, что величина управляющего воздействия, время и точка его приложения должны быть определены в зависимости от распространяемого по системе импульсного воздействия.

Детализированные когнитивные модели рекреационной сферы региона предложены в [3; 4] с целью выявить

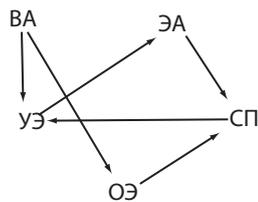


Рис. 2. Когнитивная карта для показателя социального положения региона [2]

взаимосвязи и взаимовлияния факторов, определяющих качество жизни населения региона, основные причины тенденций неустойчивого развития региона, предложить ряд рекомендаций по стабилизации социальных процессов и разработке стратегий устойчивого развития, а также перспектив создания муниципального туристического комплекса.

Концепция когнитивного моделирования использована также в [5] для определения приоритетных направлений снижения социальной напряженности в регионах. Для этого были выделены основные факторы, характеризующие уровень социальной напряженности в регионе (осужденные, миграция, самоубийства, семья, наркотики, алкоголизм) и управляющие воздействия, призванные снизить уровень социальной напряженности (заработная плата, занятость, пенсии, субсидии, жилье, экология).

Проведенные эксперименты для нескольких сценариев развития социальной напряженности в различных регионах и реализации различных управляющих воздействий позволили определить приоритетные направления по снижению социальной напряженности, в частности показано высокое влияние увеличение занятости и субсидий малообеспеченным слоям населения.

Несмотря на кажущуюся простоту когнитивных моделей и их активное использование в моделировании макроэкономического развития и региональной динамики, этот подход не лишен множества недостатков, из которых следует выделить следующие.

*Во-первых*, модели на основе когнитивных карт позволяют определить распространение задаваемых импульсов, но не позволяют выяснить, как процессы будут развиваться в отсутствие дополнительных импульсов, за счет внутренних источников и противоречий.

*Во-вторых*, возникает проблема идентификации формы объединения импульсов от различных вершин (аддитивной, мультипликативной или смешанной), формальные или качественные критерии определения формы пока не разработаны. Кроме того, в таких моделях используются в основном условные единицы изменения показателей вершин, следовательно, возможно получение только качественной динамики.

*В-третьих*, при моделировании реальных экономических систем возникает проблема временной согласованности. А именно, в большинстве моделей не указывается, что является единицей измерения времени, насколько модельное время согласовано с реальным. Кроме того, импульсные воздействия могут иметь различный лаг запаздывания для различных переменных модели не только из-за

того, что они распространяются по модели постепенно, но и в силу необходимости времени на реакцию (например, связанной с процессом принятия решения). Однако когнитивные карты не позволяют учитывать запаздывания, поскольку в расчеты включаются только импульсы предыдущего, но не более отдаленных периодов времени.

*Четвертый*, и один из основных, недостаток когнитивных моделей связан с необходимостью привлечения большого количества экспертной информации на этапе построения когнитивной карты. Это существенно затрудняет проверку адекватности моделей.

Наконец, существенной проблемой является устойчивость когнитивной модели. В литературе не сформировалось единого мнения по этому поводу. Устойчивость предлагается рассматривать с различных позиций: от выделения некоторого ядра структуры до ограниченности значений параметров вершин [6]. При этом некоторые исследователи сводят проблему устойчивости модели к определению характера имеющихся в ней контуров обратной связи, что существенно роднит когнитивный и системно-динамических подходы.

В то же время, при помощи импульсных моделей можно прогнозировать развитие конкретных ситуаций в отдельных регионах, и вырабатывать обоснованные рекомендации, касающиеся мер экономической и социальной политики.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Emmanuel C. Accounting for management control / C. Emmanuel, D. Otley, K. Merchant. – Cengage Learning EMEA, 1990 – 518 p.
2. Stiglitz J. E. Stability with growth: macroeconomics, liberalization and development / J. E. Stiglitz. – New York: Oxford University Press, 2006. – 339 p.
3. So1ow R. Technical Change and the Aggregate Production Function / R. So1ow // Review of Economics and Statistics. – 1957. – № 39. – P. 312–320.
4. Леонтьев В. Межотраслевой анализ воздействия структуры экономики на окружающую среду / В. Леонтьев, Д. Форд // Экономика и математические методы. – 1972. – Т. VIII. – Вып. 3. – С. 370–400.
5. Yi I. Development of the interregional I/O based LCA method considering region-specifics of indirect effects in regional evaluation / I. Yi, N. Itsubo (eds.) // International Journal of Life Cycle Assessment. – 2007. – № 12 (6). – P. 353–364.
6. Wilting H.C. Analysis of the sustainability of supply chains with a multi-regional input–output model / H.C. Wilting // International Input–Output Meeting on Managing the Environment (9–11 July, 2008, Seville, Spain) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.upo.es/econ/IIOММЕ08/index.php>.
7. Стратегія розвитку регіональних підприємств електроенергетики: аспекти формування : монографія / О. М. Тищенко, М. О. Кизим, Л. М. Шутенко та ін. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2008. – 344 с.
8. Вишнеvский В. Инновации, институты и эволюция / В. Вишнеvский, В. Дементьев // Вопросы экономики. – 2010. – № 9. – С. 41–62.
9. Nelson R. An Evolutionary Theory of Economic Change. The Belknap / R. Nelson, S. Winter. – Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1985. – 454 p.