

## **Імітаційне моделювання прогнозування соціально-економічного розвитку регіонів України в умовах нестаціонарності**

*У статті розглядаються сутність та особливості застосування імітаційного моделювання при аналізі та прогнозуванні соціально-економічного розвитку регіонів країни. Розглянуто та проаналізовано низку сучасних імітаційних (когнітивних) 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 когнітивних моделей в моделюванні макроекономічного розвитку та регіональної динаміки.*

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

*В статье рассматриваются сущность и особенности применения имитационного моделирования при анализе и прогнозировании социально-экономического развития регионов страны. Рассмотрен и проанализирован ряд современных имитационных (когнитивных) моделей регионального развития, предложенных в научной литературе, которые демонстрируют использование данного инструментария как при моделировании показателей макроекономической динамики, так и локальных показателей социально-экономического развития региона. Выделены основные достоинства и недостатки применения когнитивных моделей в моделировании макроекономического развития и региональной динамики.*

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

*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*

Характер динаміки, темпи та пропорції соціально економічних показників України в значній мірі знаходяться під впливом нестационарних умов її функціонування. Ознаками нестационарності є нестабільність структури макроекономічних процесів у часі, складність формалізації їх динаміки, наявність невизначеного майбутнього та критичних значень параметрів керуючих процесів, біфуркаційні режими – різке виникнення, загасання або зміна циклічної хвилі, фрактальна структура макропоказників, кінцевий горизонт їх надійного прогнозування. Неврахування таких особливостей, сумісно з відсутністю об'ємної статистичної вибірки, унеможливають оцінку, аналіз та адекватне прогнозування динаміки макроекономічних процесів класичними методами, що призводить до зниження якості існуючих моделей. У зв'язку з цим у сучасних умовах набувають актуальності питання розробки ефективних моделей і механізмів управління макроекономічними процесами з урахуванням нестационарних проявів. Вирішення проблем стосовно підвищення якості прогнозів динаміки макроекономічних показників у нестационарних умовах стає можливим за рахунок залучення сучасного інструментарію економіко-математичних методів і моделей та інтеграції з досягненнями інших наук. Управління соціально-економічним розвитком регіону має базуватися на обґрунтованому прогнозі майбутнього, сформованого з урахуванням особливостей функціонування всіх елементів регіональної системи.

Для цілей аналізу характеру динаміки і виявлення можливих прихованих взаємозв'язків між елементами регіональної системи використовується імітаційне моделювання, основу якого складають знакові орієнтовані графи. Таке моделювання ще називають когнітивним, оскільки в основі його лежать діаграми - причини наслідкових зв'язків - когнітивні карти.

Проблеми імітаційного моделювання різних економічних систем і ситуацій досліджуються в роботах як зарубіжних, так і вітчизняних вчених, таких як Дж. Форрестер, Ф. С. Робертс, М. Джексон, Б. Косько, а також Е. Б. Грибанова, Р. М. Нижегородцев, Н. А. Кизим, Н. Б. Кобелєв, А. А. Кочкар'єв, Д. І. Макаренко, В. І. Максимов, Д. А. Новиков, В. Н. Сидоренко, С. С. Солохін, Е. Ю. Хрустальов і ін. Однак, беручи до уваги складність досліджуваних систем і ситуацій, інструментарій імітаційного моделювання, а також навички його застосування в дослідженнях різних соціально-економічних проблем постійно удосконалюються. У зв'язку з цим цікавим є аналіз сучасної практики застосування даного інструментарію, а також виділення його переваг і недоліків.

В рамках такого підходу система представляється у вигляді сукупності вершин графа, в кожній з яких поміщається одна змінна. Вершини з'єднуються орієнтованими дугами, напрямком яких відповідає напрямку впливу змінних один на одного.

Зміна значення в одній вершині (імпульс) в наступний момент часу призводить до змін значень у всіх пов'язаних з нею вершинах. Якщо в деякий момент змінна змінюється під впливом імпульсів в декількох вершинах, то в загальному вигляді ці зміни можуть описуватися наступним чином:

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

або

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

де  $x_i$  - параметри вершин;

$e_{ij}$  - орієнтовані дуги, що з'єднують вершини;

$E$  - множина дуг;

$f(x_i, x_j, e_{ij})$  - функціонал перетворення дуг, що ставить у відповідність кожній дузі або знак ( «+», «-»), або ваговий коефіцієнт, або функцію  $f_{ij}$ , причому залежність може бути не тільки функціональною, але і стохастичною;

$P_j(t_n)$  - імпульс в попередній момент часу;

$Q_i(t_{n+1})$  - імпульс в дану вершину в поточний момент часу;

$v_j$  - вершини;

$t_n$  - моменти часу.

Таким чином, якщо в початковий момент в системі деяка змінна отримала імпульс, то за час моделювання можна простежити його поширення по системі в цілому і характер цього поширення (наростання, загасання, коливання і т. д.).

У роботах зарубіжних і вітчизняних авторів пропонуються різні варіанти когнітивних моделей соціально-економічного розвитку регіонів.

Так, в роботі [1] запропоновано імітаційна модель економіки регіону, побудована на основі викладеного принципу. Вона включає 15 основних параметрів: фізичний обсяг виробництва, інвестиції, витрати виробництва, рівень цін, обсяг грошової маси, технологічний прогрес, продуктивність праці, зайнятість, рівень життя, соціальні програми, тіньова економіка, податкові ставки, бюджет, макроекономічний ризик, зовнішні чинники розвитку.

Зв'язки між даними параметрами не завжди піддаються однозначній оцінці як по всьому діапазону значень, так і для різних об'єктів. Наприклад, в [1] зазначається, що для регіонів, орієнтованих на іноземні інвестиції, зростання макроекономічного ризику послаблює вплив зовнішніх факторів розвитку, тоді як для дотаційних регіонів, навпаки, він тягне за собою зростання надходять ззовні інвестиційних ресурсів.

Таким чином, регіони країни автори умовно поділяють на п'ять типів [1]:

- 1) дотаційні, що володіють внутрішнім потенціалом розвитку;
- 2) хронічно депресивні, практично позбавлені економічного потенціалу;
- 3) розвинені експортно-орієнтовані;
- 4) розвинені ізольовані, що спираються переважно на стратегію імпортозаміщення;
- 5) тіньові, розвиток яких обумовлено факторами, певною мірою невідконтрольними федеральним владним структурам.

Класифікаційним ознакою при виділенні цих типів є особливості державного управління. Виділення тіньових регіонів характерно для пострадянського простору - це єдиний тип регіонів, в якому державної влади частково не підконтрольні фактори (як зовнішні, так і внутрішні), істотно впливають на їх економічну динаміку.

В роботі [1] розвиток цих типів регіонів моделюється окремо. При формуванні системи управляючих впливів щоразу передбачалося, що державна влада здатна в певних межах надавати прямий вплив на величину інвестицій, витрат на соціальні програми, обсяг грошової маси і рівень податкових ставок. Керуючі впливи вносяться на перші кроки імпульсного процесу для того, щоб протягом так званого цільового періоду забезпечити покращення рівня життя і фізичного обсягу виробництва і не зростання макроекономічного ризику.

Особливості регіонів враховуються авторами при визначенні зв'язків на графі, їх напрямки та сили впливу.

Для дотаційних регіонів передбачається, що спад фізичних обсягів виробництва викликає посилення зовнішніх факторів розвитку, які наповнюють бюджет і збільшують виробничі інвестиції, а в невеликому ступені - також і соціальні програми.

У хронічно депресивних регіонах падіння фізичних обсягів виробництва і зниження рівня життя призводять до необхідності нарощування зовнішніх факторів розвитку, які наповнюють бюджет і забезпечують зростання соціальних витрат, а також в невеликому ступені виробничих інвестицій. У депресивних регіонах зростання фізичних обсягів виробництва не призводить до прискорення технологічного прогресу, який забезпечується принципово іншими зовнішніми причинами, а зростання продуктивності праці не знижує рівень макроекономічного ризику.

Головним елементом знакового графа, що моделює поведінку експортно-орієнтованих регіонів, є вершина, що відповідає зовнішнім чинникам розвитку, які в даному випадку виражають ефективність зовнішньоекономічної діяльності регіону. Вони впливають на економічну систему через зовнішні інвестиції,

підтримку соціальних програм і наповнення бюджету регіону. Однак зовнішні джерела розвитку слабшають зі зростанням витрат виробництва, податкових ставок, макроекономічного ризику і з ростом впливу тіньових структур.

На динаміку економічних показників ізольованих регіонів зовнішні чинники не роблять істотного впливу, а можливий лише еквівалентний обмін при умови нейтрального сальдо платіжного балансу. тому зворотний зв'язок, що відображає логіку поведінки зовнішніх інвесторів, відображає те, що зростання макроекономічного ризику зменшує обсяг інвестицій [7].

Нарешті, в тіньових регіонах макроекономічний ризик не знижує інвестицій, оскільки їх джерелом є загальний бюджет регіону, що формується як офіційними внутрішніми і зовнішніми джерелами, так і «інвесторами», зацікавленими у розвитку тіньових структур. У зв'язку з цим, збільшення ризику лише незначно послаблює зовнішні джерела розвитку, а зростання обсягів виробництва і рівня життя несуттєво стимулюють зростання податкових ставок.

Для побудови моделі регіональної економіки робиться ряд припущень щодо змісту окремих параметрів і зв'язків, що існують між ними. Ці припущення мають переглядатися при адаптації побудованих моделей до економіки конкретної країни або регіону, а також для моделювання різних етапів розвитку економіки.

Необхідно відзначити, що когнітивний підхід використовується при моделюванні регіональної динаміки як для показників макроекономічної динаміки регіонів, так і для окремих, локальних показників.

На рис. 1 представлений окремий приклад однієї з розроблених соціально-економічних підсистем, когнітивна карта «Рівень життя населення». Імпульси поширюються в системі за адитивним правилом [1].

Проведені експерименти показали, що чисельність населення і грошові доходи населення зазнають суттєвих змін навіть на 10 періодах.

На рис. 2 представлена спрощена, типова для невеликих регіонів, структура соціально-економічної системи [2]. Система складається з п'яти

основних елементів: СП - соціальний стан (напруженість) в регіоні, ОЕ - опозиційна еліта регіону, УЕ – управлінська еліта регіону, ВА - зовнішній арбітр, ЕА – економічна активність регіону. Для моделювання динаміки використовується мультиплікативна форма визначення розміщення вершин (2).

У роботі проведено аналіз дій, що управляють з боку зовнішнього арбітра як основного інструменту підвищення значень показників якісного перебування елементів системи. Результати моделювання показують, що величина керуючого впливу, час і точка доповнення повинні бути визначені в залежності від розповсюдженого по системі імпульсного впливу.

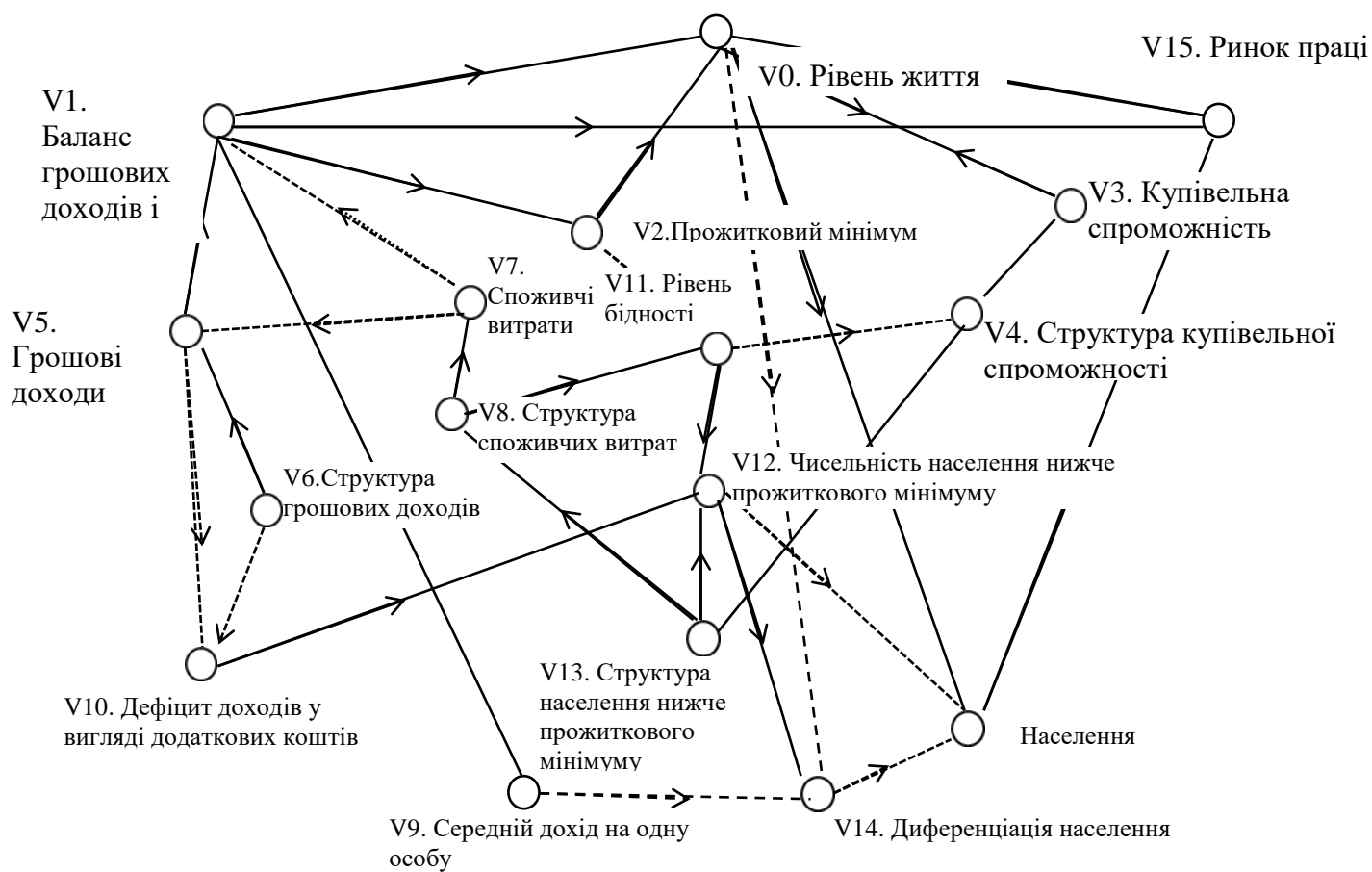


Рис.1. Когнітивна карта «Рівень життя населення»

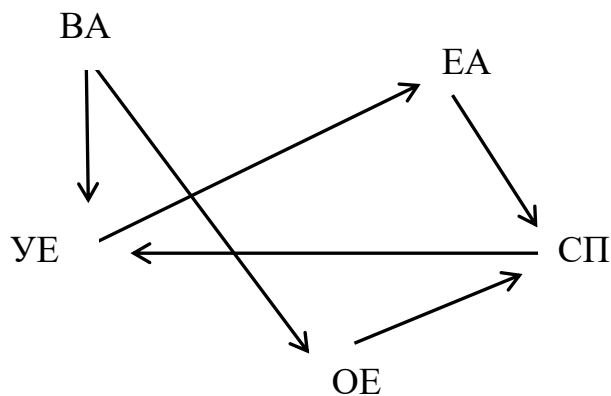


Рис.2. Когнітивна карта для показника соціального становища регіону.

Концепція когнітивного моделювання використана також в [5] для визначення пріоритетних напрямків зниження соціальної напруженості в регіонах. Для цього були виділені основні фактори, що характеризують рівень соціальної напруженості в регіоні (засуджені, міграція, самогубства, сім'я, наркотики, алкоголізм) та управляючі, покликані знизити рівень соціальної напруженості (заробітна плата, зайнятість, пенсії, субсидії, житло, екологія).

Проведені експерименти для декількох сценаріїв розвитку соціальної напруженості в різних регіонах і реалізації різних керуючих впливів дозволили визначити пріоритетні напрямки для зниження соціальної напруженості, зокрема показано високий вплив збільшення зайнятості та субсидій малозабезпеченим верствам населення.

Незважаючи на уявну простоту когнітивних моделей і їх активне використання в моделюванні макроекономічного розвитку та регіональної динаміки, цей підхід має ряд недоліків, з яких слід виділити наступні.

По-перше, моделі на основі когнітивних карт дозволяють визначити поширення заданих імпульсів, але не дозволяють з'ясувати, як процеси будуть розвиватися за відсутності додаткових імпульсів, за рахунок внутрішніх джерел і протиріч.

По-друге, виникає проблема ідентифікації форми об'єднання імпульсів від різних вершин (адитивної, мультиплікативної або змішаної), формальні або



якісні критерії визначення форми поки не розроблені. Крім того, в таких моделях використовуються в основному умовні одиниці зміни показників вершин, отже, можливе отримання тільки якісної динаміки.

По-третє, при моделюванні реальних економічних систем виникає проблема тимчасової узгодженості. А саме, в більшості моделей не вказується, що є одиницею вимірювання часу, наскільки модельний час узгоджено з реальним. Крім того, імпульсні дії можуть мати різний лаг запізнювання для різних змінних моделі не тільки через те, що вони поширюються по моделі поступово, але і в силу необхідності часу на реакцію (наприклад, пов'язаної з процесом прийняття рішення). Однак когнітивні карти не дозволяють враховувати запізнювання, оскільки в розрахунки включаються тільки імпульси попереднього, але не більш віддалених періодів часу.

Четвертий, і один з основних, недоліків когнітивних моделей пов'язаний з необхідністю залучення великої кількості експертної інформації на етапі побудови когнітивної карти. Це істотно ускладнює перевірку адекватності моделей. Нарешті, істотною проблемою є стійкість когнітивної моделі. В літературі не сформувалося єдиної думки з цього приводу. Стійкість пропонується розглядати з різних позицій: від виділення деякого ядра структури до обмеженості значень параметрів вершин [6]. При цьому деякі дослідники зводять проблему стійкості моделі до визначення характеру наявних в ній контурів зворотного зв'язку, що істотно споріднює когнітивний і системно-динамічні підходи.

У той же час, за допомогою імпульсних моделей можна прогнозувати розвиток конкретних ситуацій в окремих регіонах, і виробляти обґрунтовані рекомендації, що стосуються заходів економічної і соціальної політики.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Emmanuel, C., Otley, D., & Merchant, K. A. (1990). Accounting for Management Control. London: Chapman and Hall.

2. Stiglitz, J. E., Ocampo, J. A., Spiegel, Sh., Ffrench-Davis, R., & Nayyar, D. (2006). *Stability with Growth: Macroeconomics, Liberalization, and Development*. Oxford University Press.
3. Leontev V., & Ford, D. (2012). Mizhhaluzevyi analiz vplyvu struktury ekonomiky na navkolyshnie seredovyshche. *Ekonomika i matematychni metody*, 8(3), 370–400.
4. Tyshchenko, O. M., Kyzym, M. O., Shutenko, L. M. et al. (2008). Stratehiia rozvytku rehionalnikh predpriaty Elektroenerhetyka: aspekty formyrovanye. Kharkiv: INZHEK.
5. Vyshnevskyi, V., Dementiev V. Vyshnevskyi, V. (2010). Innovatsii, instytuty ta evoliutsiia. *Pytannia ekonomiky*, 9, 41–62.