

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ В УМОВАХ НЕСТАЦІОНАРНОСТІ

Розглянуто сутність та особливості застосування імітаційного моделювання під час аналізу та прогнозування соціально-економічного розвитку регіонів країни. Розглянуто та проаналізовано низку сучасних імітаційних (когнітивних) моделей регіонального розвитку, запропонованих у науковій літературі, які демонструють використання цього інструментарію як у моделюванні показників макроекономічної динаміки, так і локальних показників соціально-економічного розвитку регіону. Виділено основні переваги та недоліки застосування когнітивних моделей у моделюванні макроекономічного розвитку та регіональної динаміки.

**Ключові слова:** моделювання; регіон; імітаційна модель; когнітивна карта.

**Вступ.** Характер динаміки, темпи та пропорції соціально-економічних показників України значною мірою 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 керівних 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 оцінювання, аналіз та адекватне прогнозування динаміки макроекономічних процесів класичними методами, що призводить до зниження якості наявних моделей. З огляду на це, у сучасних умовах набувають актуальності питання розроблення 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 завдяки залученню 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.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для аналізу характеру динаміки і виявлення можливих прихованих взаємозв'язків між елементами регіональної системи використовують імітаційне моделювання, основу якого становлять 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 досліджено у 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. Кобелев, А. А. Кочкар'юв, Д. І. Макаренко, В. І. Максимов, Д. А. Новиков, В. Н. Сидоренко, С. С. Солохін, Е. Ю. Хрустальов й 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. Тому цікавим є аналіз сучасної практики застосування цього інструментарію, а також виділення його переваг і недоліків.

У рамках такого підходу систему представляють 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.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Зміна значення в одній вершині (імпульс) у наступний момент часу призводить до змін значень у всіх пов'язаних з нею вершинах. Якщо в деякий момент змінна змінюється під впливом імпульсів у кількох вершинах, то в загальному вигляді ці зміни можна описати так:

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

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

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.

Отже, якщо в початковий момент у системі деяка змінна отримала імпульс, то за час моделювання можна простежити його поширення по системі загалом і характер цього поширення (наростання, загасання, коливання і т. ін.).

**Цитування за ДСТУ:** Дума Л. В. Імітаційне моделювання прогнозування соціально-економічного розвитку регіонів України в умовах нестационарності / Л. В. Дума // Науковий вісник НЛТУ України. Серія економічна. – 2017. – Вип. 27(2). – С. 174–177.

**Citation APA:** Duma L. V. (2017). Simulation modeling of prognostication of social and economic development of Ukraine' regions in the non-stationary conditions. *Scientific Bulletin of UNFU. Economic Series*, 27(2), 174–177. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/233>

У роботах зарубіжних і вітчизняних авторів пропонують різні варіанти когнітивних моделей соціально-економічного розвитку регіонів. Так, у роботі (Emmanuel, Otley & Merchant, 1990) запропоновано імітаційну модель економіки регіону, побудовану на основі викладеного принципу. Вона містить 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 цими параметрами не завжди піддаються однозначній оцінці як по всьому діапазону значень, так і для різних об'єктів. Наприклад, в (Emmanuel, Otley & Merchant, 1990) зазначено, 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 надходжень ззовні інвестиційних ресурсів.

Отже, регіони країни автори умовно поділяють на п'ять типів (Emmanuel, Otley & Merchant, 1990):

- 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 зумовлено факторами, певною мірою невідконтрольними федеральним владним структурам.

Класифікаційною ознакою під час виділення цих типів є особливості державного управління. Виділення тіньових регіонів характерно для пострадянського простору – це єдиний тип регіонів, в якому частково невідконтрольні фактори (як зовнішні, так і внутрішні) істотно впливають на їх економічну динаміку.

У роботі (Emmanuel, Otley & Merchant, 1990) розвиток цих типів регіонів моделюється окремо. Під час формування системи управлінських впливів шоразу 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. Керівні 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 враховують автори під час визначення зв'язків на графі, їх напрямки та сили впливу. Для дотаційних регіонів передбачено, що спад фізичних обсягів виробництва спричиняє посилення зовнішніх факторів розвитку, які наповнюють бюджет і збільшують виробничі інвестиції, а незначною мірою – також і соціальні програми.

У хронічно депресивних регіонах падіння фізичних обсягів виробництва і зниження рівня життя призводять до потреби нарощування зовнішніх факторів розвитку, які наповнюють бюджет і забезпечують зростання соці-

альних витрат, а також незначною мірою 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 цьому 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 істотно не впливають, а можливий тільки еквівалентний обмін за умови нейтрального сальдо платіжного балансу. Тому зворотний зв'язок, що відображає логіку поведінки зовнішніх інвесторів, відображає те, що зростання макроекономічного ризику зменшує обсяг інвестицій.

Нарешті, у 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 тільки незначно послаблює зовнішні джерела розвитку, а зростання обсягів виробництва і рівня життя неістотно стимулюють зростання податкових ставок.

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

Потрібно зазначити, що когнітивний підхід використовують у моделюванні регіональної динаміки як для показників макроекономічної динаміки регіонів, так і для окремих, локальних показників.

На рис. 1 представлено окремий приклад однієї з розроблених соціально-економічних підсистем, когнітивна карта "Рівень життя населення". Імпульси поширюються у системі за адитивним правилом (1). Проведені експерименти показали, що чисельність населення і грошові доходи населення зазнають істотних змін навіть на 10 періодах.

На рис. 2 представлено спрощену, типову для невеликих регіонів, структуру соціально-економічної системи (Stiglitz et al., 2006). Система складається з п'яти основних елементів: СП – соціальний стан (напруженість) у регіоні, ОЕ – опозиційна еліта регіону, УЕ – управлінська еліта регіону, ВА – зовнішній арбітр, ЕА – економічна активність регіону. Для моделювання динаміки використовують мультиплікативну форму визначення розміщення вершин (2).

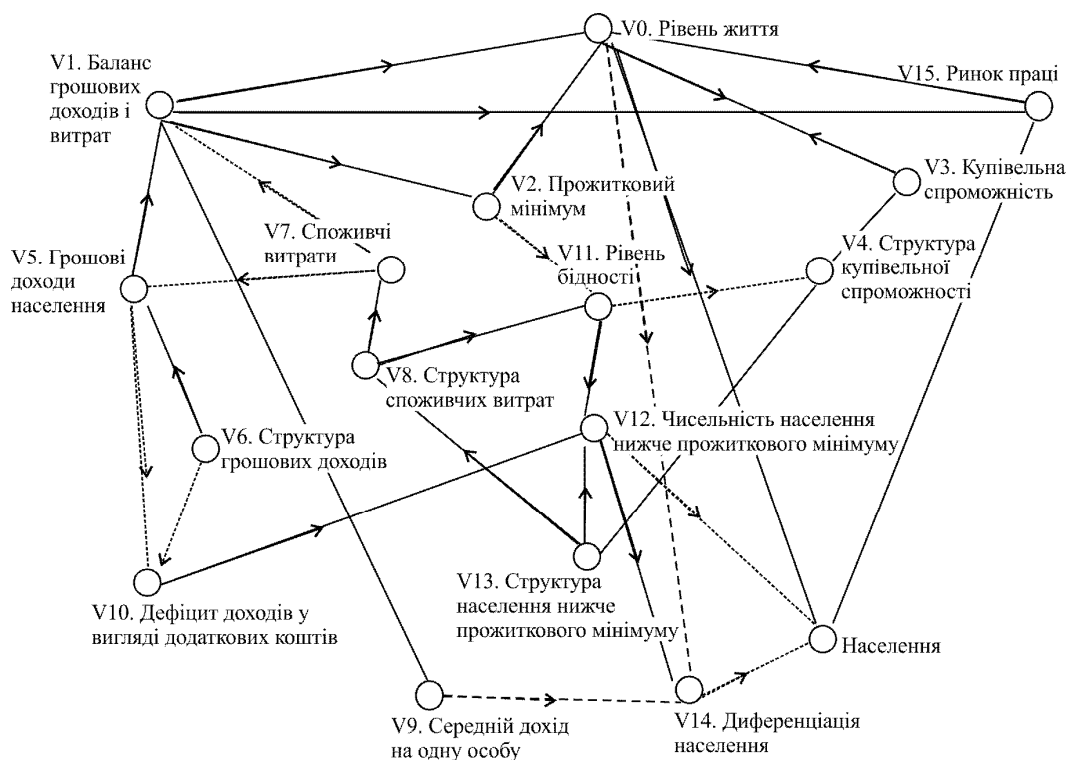


Рис. 1. Когнітивна карта "Рівень життя населення"

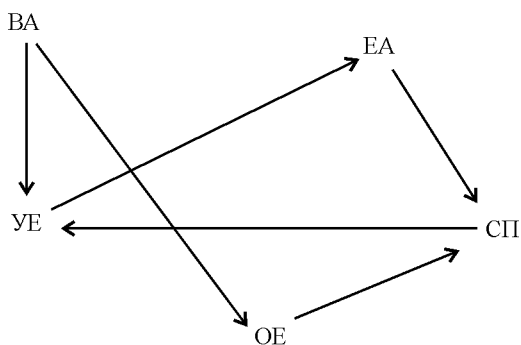


Рис. 2. Когнітивна карта для показника соціального становища регіону

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 керівного впливу, час і точка доповнення мають бути визначені залежно від розповсюдженого по системі імпульсного впливу.

Концепцію когнітивного моделювання використано також у (Vyshnevskiy & Dementiev, 2010) для визначення пріоритетних напрямків зниження соціальної напруженості в регіонах. Для цього виділено основні фактори, що характеризують рівень соціальної напруженості в регіоні (засуджені, міграція, самогубства, сім'я, наркотики, алкоголізм) та управлінські, покликані знизити рівень соціальної напруженості (заробітна плата, зайнятість, пенсії, субсидії, житло, екологія).

Проведені експерименти для кількох сценаріїв розвитку соціальної напруженості в різних регіонах і реалізації різних керівних впливів дали змогу 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 у моделюванні макроекономічного розвитку та регіональної динаміки, цей підхід має низку недоліків, з яких потрібно виділити такі.

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

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. Окрім цього, в таких моделях використовують в основному умовні одиниці зміни показників вершин, а отже, можливе отримання тільки якісної динаміки.

По-третє, під час моделювання реальних економічних систем виникає проблема тимчасової узгодженості. А саме, в більшості моделей не вказують, що є одиницею вимірювання часу, наскільки модельний час узгоджено з реальним. Окрім цього, 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 потреби часу на реакцію (наприклад, пов'язаної з процесом прийняття рішення). Однак когнітивні карти не дають змогу враховувати запізнювання, оскільки в розрахунки вводять тільки імпульси попереднього, але не більш віддалених періодів часу.

Четвертий, і один з основних, недоліків когнітивних моделей пов'язаний з потребою залучення великого обсягу експертної інформації на етапі побудови когнітивної карти. Це істотно ускладнює перевірку адекватності моделей. Нарешті, істотною проблемою є стійкість когнітивної моделі. У літературі не сформувався єдиної думки з цього приводу. Стійкість пропонують розглядати з різних позицій: від виділення деякого ядра структури до обмеженості значень параметрів вершин.

При цьому деякі дослідники зводять проблему стійкості моделі до визначення характеру наявних у ній контурів зворотного зв'язку, що істотно споріднює когнітивний і системно-динамічні підходи.

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

#### Перелік використаних джерел

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

Leontev V., & Ford, D. (2012). Mizhhaluzevyi analiz vplyvu struktury ekonomiky na navkolyshnie seredovyshe. *Ekonomika i matematychni metody*, 8(3), 370–400.

Stiglitz, J. E., Ocampo, J. A., Spiegel, Sh., Ffrench-Davis, R., & Nayar, D. (2006). *Stability with Growth: Macroeconomics, Liberalization, and Development*. Oxford University Press.

Tyshchenko, O. M., Kyzym, M. O., Shutenko, L. M. et al. (2008). *Stratehiia rozvytku rehionalnikh predpriyatiy Elektroenerhetyka: aspekty formyrovanye*. Kharkiv: INZHEK.

Vyshnevskiy, V., & Dementiev, V. (2010). Innovatsii, instytuty ta evoliutsiia. *Pytannia ekonomiky*, 9, 41–62.

*Л. В. Дума*

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ

Рассмотрены 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 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.

*L. V. Duma*

### SIMULATION MODELING OF PROGNOSTICATION OF SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF UKRAINE' REGIONS IN THE NON-STATIONARY CONDITIONS

The character of dynamics, pace and proportions of socio-economic indicators in Ukraine are largely under the influence of non-stationary conditions of operation. Some signs of non-stationary structure are unstable macroeconomic processes in time, the difficulty of formalizing their dynamics, the uncertain future etc. Ignoring these features along with the lack of statistical data makes impossible the evaluation, analysis and forecasting of dynamics of macroeconomic processes by classical methods. Therefore the study aims at reviewing the nature and characteristics of simulation for analyzing and forecasting the socio-economic development of the country. The results of the study have 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. The authors have also 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. Finally, the basic advantages and disadvantages of the use of cognitive models in the modeling of macroeconomic and regional dynamics were defined. Having completed the study the authors made the following conclusions. The experiments made for several scenarios of development of social tension in different regions and implementing various managerial influences helped identify priority directions for reducing social tension, a high effect of increasing employment and subsidies to the poor in particular. Applying pulse models can predict the development of specific situations in certain regions and make substantiated recommendations on measures of economic and social policy.

**Keywords:** simulation; region; simulation model; cognitive map.

#### Інформація про автора:

Дума Людмила Василівна, аспірант, Тернопільський національний економічний університет, м. Тернопіль, Україна.

Email: ljuda.daniljuk@rambler.ru