

ФОРМУЛЮВАННЯ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ РЕГУЛЮВАННЯ ДИСПРОПОРЦІЙ У СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОМУ РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ

© 2020 ШЕВЧЕНКО О. В.

УДК 332.14+51-77
JEL Classification: R12; R58; C15; C45

Шевченко О. В.

Формулювання підходів до моделювання сценаріїв регулювання диспропорцій у соціально-економічному розвитку регіонів

Метою цього дослідження є створення логічного та якісного інструментарію для аналізу диспропорцій розвитку регіонів і подальшого регулювання диспропорцій. Розгляд робіт науковців засвідчив відсутність комплексного підходу до аналізу диспропорцій, їх якісної оцінки та використання диспропорцій не в останню чергу через неможливість застосування простого математичного апарату до аналізу множини різномірних неупорядкованих динамічних даних, що характеризують диспропорції. У роботі запропоновано підходи до побудови і використання когнітивно-імітаційної моделі регулювання диспропорцій, задля чого побудовано відповідний алгоритм. Визначено основні фактори, що формують диспропорції розвитку регіонів. Досліджено взаємозв'язок цих факторів за допомогою побудови причинно-наслідкових ланок (когнітивної карти). Розроблено модель системної динаміки, що буде покладено в основу подальшої розробки сценаріїв регулювання диспропорцій розвитку регіонів. Запропонована модель та її реалізація у сценаріях регулювання диспропорцій дозволять на практиці втілити конкретні структурні зміни в соціально-економічній сфері регіонів і підвищити рівень збалансованості економіки та соціальної сфери регіону. Оригінальністю роботи є пропозиції щодо використання когнітивно-імітаційної моделі регулювання диспропорцій для розуміння тренду розвитку регіональної соціально-економічної системи та прогнозування процесів у регіонах.

Ключові слова: диспропорції розвитку регіону, каталізатори та уповільнювачі розвитку регіону, регулювання диспропорцій, моделювання сценаріїв регулювання диспропорцій, когнітивно-імітаційна модель.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2020-1-123-131>

Рис.: 3. Табл.: 1. Формул: 3. Бібл.: 21.

Шевченко Ольга Валеріївна – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу регіональних стратегій, Національний інститут стратегічних досліджень (вул. Пирогова, 7а, Київ, 01030, Україна)

E-mail: olvalshev@gmail.comORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0386-7550>Researcher ID: <http://publons.com/researcher/3475828/olga-shevchenko/>УДК 332.14+51-77
JEL Classification: R12; R58; C15; C45

Шевченко О. В. Формулирование подходов к моделированию сценариев регулирования диспропорций в социально-экономическом развитии регионов

Целью данного исследования является создание логического и качественного инструментария для анализа диспропорций развития регионов и дальнейшего регулирования диспропорций. Рассмотрение работ ученых показало отсутствие комплексного подхода к анализу диспропорций, их качественной оценке и использованию диспропорций не в последнюю очередь из-за невозможности применения простого математического аппарата к анализу множества разнородных неупорядоченных динамических данных, характеризующих диспропорции. В работе предложены подходы к построению и использованию когнитивно-имитационной модели регулирования диспропорций, для чего построено соответствующий алгоритм. Определены основные факторы, формирующие диспропорции развития регионов. Исследована взаимосвязь этих факторов с помощью построения причинно-следственных звеньев (когнитивной карты). Разработана модель системной динамики, которая будет положена в основу дальнейшей разработки сценариев регулирования диспропорций развития регионов. Предложенная модель и ее реализация в сценариях регулирования диспропорций позволят на практике реализовать конкретные структурные изменения в социально-экономической сфере регионов и повысить уровень сбалансированности экономики и социальной сферы

UDC 332.14+51-77
JEL Classification: R12; R58; C15; C45

Shevchenko O. V. Formulation of Approaches to Modeling Scenarios for Regulation of Imbalances in Socio-Economic Development of Regions

The aim of the study is to create logical high-quality tools to analyze imbalances in regional development and further regulate such imbalances. The review of scientific works carried in the article showed the lack of comprehensive approach to analysis of the imbalances, their qualitative assessment and use, which is not least because of the impossibility of applying a simple mathematical apparatus to analyze a set of heterogeneous unordered dynamic data characterizing the imbalances. The paper proposes approaches to constructing and applying a cognitive imitation model for regulating the imbalances, with building a corresponding algorithm. The main factors forming imbalances in regional development are identified. The relations among these factors are studied by constructing causal links (a cognitive map). A system dynamics model that will form the basis for further elaboration of scenarios for regulating regional development imbalances is built. The proposed model and its implementation in the scenarios for regulating imbalances will bring about specific structural changes in the socio-economic sphere of regions and improve the balance of the economy and social sphere of a region. The originality of the study is due to the proposal to use the cognitive imitation model for regulating the imbalances to understand the trend in the development of the regional socio-economic system and forecast processes in regions.

региона. Оригінальність роботи определена предложением по использованию когнитивно-имитационной модели регулирования диспропорций для понимания тренда развития региональной социально-экономической системы и прогнозирования процессов в регионах.

Ключевые слова: диспропорции развития региона, катализаторы и замедлители развития региона, регулирования диспропорций, моделирование сценариев регулирования диспропорций, когнитивно-имитационная модель.

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Формул:** 3. **Библ.:** 21.

Шевченко Ольга Валерьевна – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом региональных стратегий, Национальный институт стратегических исследований (ул. Пирогова, 7а, Киев, 01030, Украина)

E-mail: olvalshev@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0386-7550>

Researcher ID: <http://publons.com/researcher/3475828/olga-shevchenko/>

Keywords: imbalances in regional development, catalysts and inhibitors of regional development, regulation of imbalances, modeling scenarios for regulation of imbalances, cognitive imitation model.

Fig.: 3. **Tabl.:** 1. **Formulae:** 3. **Bibl.:** 21.

Shevchenko Olga V. – Candidate of Sciences (Economics), Senior Research Fellow, Head of Department of Regional Strategies, The National Institute for Strategic Studies (7a Pyrohova Str., Kyiv, 01030, Ukraine)

E-mail: olvalshev@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0386-7550>

Researcher ID: <http://publons.com/researcher/3475828/olga-shevchenko/>

Вступ. Диспропорційність соціально-економічного розвитку регіонів, обумовлена структурними деформаціями економіки, може стати причиною посилення депресивності окремих територій, що потягне за собою необхідність розробки комплексу заходів щодо покращення показників їх розвитку, забезпечення цих територій від стагнації та знелюднення і, відповідно, необхідність виділення на ці заходи додаткових коштів державного та місцевих бюджетів. Чинні інструменти як подолання депресивності, так і пом'якшення структурних деформацій в регіонах доводять свою низьку ефективність, оскільки в основному призводять або до короткострокових позитивних ефектів, або до випереджаючого покращення окремих показників, відтягнення на себе значного обсягу ресурсів за відсутності кумулятивного позитивного ефекту для соціально-економічної сфери всього регіону.

З метою виведення системи регулювання диспропорцій на новий якісний рівень потрібно застосувати нові підходи до моделювання регулювання диспропорцій, враховуючи різноманітність, неупорядкованість, динамічність показників, що характеризують диспропорції. Отже, регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів складає важливе завдання сучасної регіональної політики в Україні.

Аналіз останніх досліджень. Науковці України та зарубіжжя аналізують проблеми регіональної диспропорційності в різних аспектах. Зокрема, методологію визначення диспропорцій наведено у роботах О. Тищенко [1] та В. Реутова [2], а пропозиції щодо інтегральної оцінки диспропорцій – у роботі Д. Хапова [3]. R. Martin [4] пропонує теоретичні підходи до способів відновлення балансу соціально-економічних систем регіонів. Методики оцінки диспропорцій регіонального розвитку на основі теорій конвергенції, дивергенції наведені в роботах Т. Клебанової [5] та Г. Науменко [6]. А. Гур'янова [7] пропонує застосовувати сценарний аналіз до дослідження диспропорцій розвитку регіонів. Так само динамічні зміни у диспропорційності під впливом децентралізації досліджено у роботі І. Сторонянської та Л. Беновської [8]. Загальні підходи до

моделювання розвитку регіонів подані у роботі С. Ромашко [9].

Постановка проблеми та виділення недосліджених частин проблеми. Досягнення стану динамічної рівноваги всіх сфер життєдіяльності регіону є метою його соціально-економічного розвитку, водночас складаючи наукову та практичну проблему, комплексного вирішення якої поки що не наведено у проаналізованій науковій вітчизняній та зарубіжній літературі. При виборі варіанта розвитку регіону (з урахуванням цілі регулювання диспропорцій) необхідно формувати узгоджене рішення, що дозволяє знаходити компроміс між регіональними цілями і загальнодержавними цілями. Розробка інструментарію регулювання диспропорцій та моделювання сценаріїв їх регулювання складають наукову проблему, що потребує вирішення.

Мета і завдання дослідження. Для моделювання та аналізу процесів у динамічних соціально-економічних системах регіону стає неможливим використання традиційного математичного підходу для розробки та впровадження ефективних управлінських рішень з регулювання (використання, зменшення, подолання) диспропорцій. З метою вирішення поставленого завдання щодо моделювання сценаріїв регулювання диспропорцій запропоновано використати когнітивний підхід, що дозволяє зрозуміти логіку розвитку системи за умови впливу на неї багатьох взаємозалежних факторів, якою і є соціально-економічна система регіону [10], а також використати методи імітаційного моделювання для прогнозування розвитку динамічних процесів. А прогнозування результатів рішень дозволить зробити висновки про напрямок розвитку динамічних процесів і проаналізувати стійкість динамічних процесів.

Виклад основного матеріалу. Особливості регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів обумовлені складністю соціально-економічних процесів у регіонах, тому аналіз і моделювання соціально-економічних систем у регіонах необхідно проводити з урахуванням таких особливостей, визначених різними дослідниками [11–13].

- регіон є складною ієрархічною слабоструктурованою системою, для дослідження якої варто застосувати методологію системного аналізу, враховуючи значну кількість складних взаємопов'язаних причинно-наслідкових зв'язків між факторами, результат дії яких не завжди очевидний при прийнятті рішень, а також необхідність дослідження стохастичних систем в умовах невизначеності і неоднозначності;
- прийнятний рівень розвитку регіону означає здатність забезпечувати нормальні умови відтворення ресурсів, належну якість життя та життєдіяльності;
- регіон, а власне соціально-економічна система регіональної економіки, є динамічною системою, звідси випливає необхідність вивчати динаміку розвитку системи, проводити аналіз зростання та спадання з урахуванням і загального становища розвитку регіону та його окремих сфер, і цикли розвитку (зокрема, стан кризи);
- регіон є саморегулювальною системою, оскільки управління в ньому відбувається через внутрішні організаційні процеси саморегулювання системи і базується не лише на реалізації законодавчих актів, а і способів внутрішнього управління. При цьому слід враховувати можливі суперечності між цілями довгострокового планування і короткостроковими рішеннями;
- для нормального розвитку регіональної соціально-економічної системи необхідною є підтримка економічної рівноваги та уникнення загрозливих для стійкості дисбалансів.

Когнітивний аналіз, який запропоновано використати для моделювання сценаріїв регулювання диспропорцій, складається з таких етапів [10]:

- визначення мети та задач дослідження;
- вивчення ситуації відповідно до поставленої мети;
- визначення основних факторів, що впливають на об'єкт дослідження;
- аналіз взаємозв'язку між факторами шляхом розгляду причинно-наслідкових ланцюгів (побудова когнітивної карти у вигляді орієнтованого графу);
- вивчення сили взаємозв'язку різних факторів з використанням математичних моделей, що враховують як кількісні, так і якісні залежності між факторами;
- перевірка адекватності когнітивної моделі ситуації (верифікація);
- сценарне моделювання – визначення за допомогою когнітивної моделі можливих варіантів розвитку ситуації (системи), знаходження шляхів і механізмів впливу на ситуацію з метою досягнення бажаних результатів, уникнення небажаних наслідків, розробка комплексу заходів впливу на ситуацію. Цей етап складатиме основу подальших досліджень.

Відповідно до стандартних етапів когнітивного аналізу [10; 14], а також імітаційного аналізу [12; 15] визначимо основні завдання когнітивно-імітаційного моде-

лювання сценаріїв регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку територій у вигляді такого алгоритму (рис. 1).

Детально розглянемо основні етапи та задачі запропонованого алгоритму когнітивно-імітаційного моделювання.

Перше завдання I етапу запропонованого алгоритму виконано автором у статтях [16; 17], де були визначені фактори внутрішнього середовища (система показників для співставлення диспропорцій регіонів за параметрами сфер життєдіяльності) та фактори стану зовнішнього середовища, якими вважатимемо визначені фактори-каталізатори та фактори-уповільнювачі соціально-економічного розвитку регіону.

Друге завдання I етапу алгоритму передбачає побудову структурної схеми причинно-наслідкових зв'язків елементів досліджуваної системи для прогнозування оцінки рівня диспропорцій соціально-економічного розвитку регіону. Аналіз цих зв'язків необхідний для розробки регулюючих впливів на ситуацію. На цьому кроці визначаються зв'язки між факторами, характер та сила впливу між ними. Узагальнена схема імітаційної моделі реалізації сценаріїв регулювання щодо зменшення диспропорцій регіонального розвитку була представлена у роботі автора [18] і наведена на рис. 2.

Виходячи із розробленої схеми імітаційної моделі необхідним є формування регулюючих впливів на множині визначених соціально-економічних каталізаторів та уповільнювачів розвитку територій з боку центральних органів виконавчої влади та прогнозування наслідків цих впливів на рівень розвитку конкретного регіону. Як зазначалося вище, реалізація поставлених завдань дослідження можлива з використанням сценарного підходу на основі імітаційної моделі взаємозв'язку досліджуваних показників та власне методології сценарного моделювання. В основу формування імітаційної моделі покладена когнітивна карта, побудована у вигляді орієнтованого графу, в якій будуть реалізуватись зв'язки між елементами досліджуваної системи для прогнозування оцінки рівня диспропорцій соціально-економічного розвитку регіону, описані схемою (див. рис. 2).

Опис причинно-наслідкових зв'язків екзогенних та ендогенних факторів когнітивно-імітаційної моделі регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів наведено у табл. 1.

З урахуванням наведених у табл. 1 причинно-наслідкових зв'язків екзогенних та ендогенних факторів буде функціональний граф когнітивно-імітаційної моделі регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів (рис. 3).

До функціонального графу на рис. 3, окрім наведених у табл. 1 зв'язків, введені дискримінантні змінні D_{ij} , що відповідають дискримінантним функціям віднесення регіону до певного класу за рівнем диспропорцій конкретної сфери життєдіяльності в регіоні. Під час імітацій та прогнозування регулюючих впливів за значеннями цих індикаторів визначатимуться прогнозні зміни класу регіонів:

- з урівноваженими диспропорціями розвитку;
- з контрольованими (стримуваними) диспропорціями;

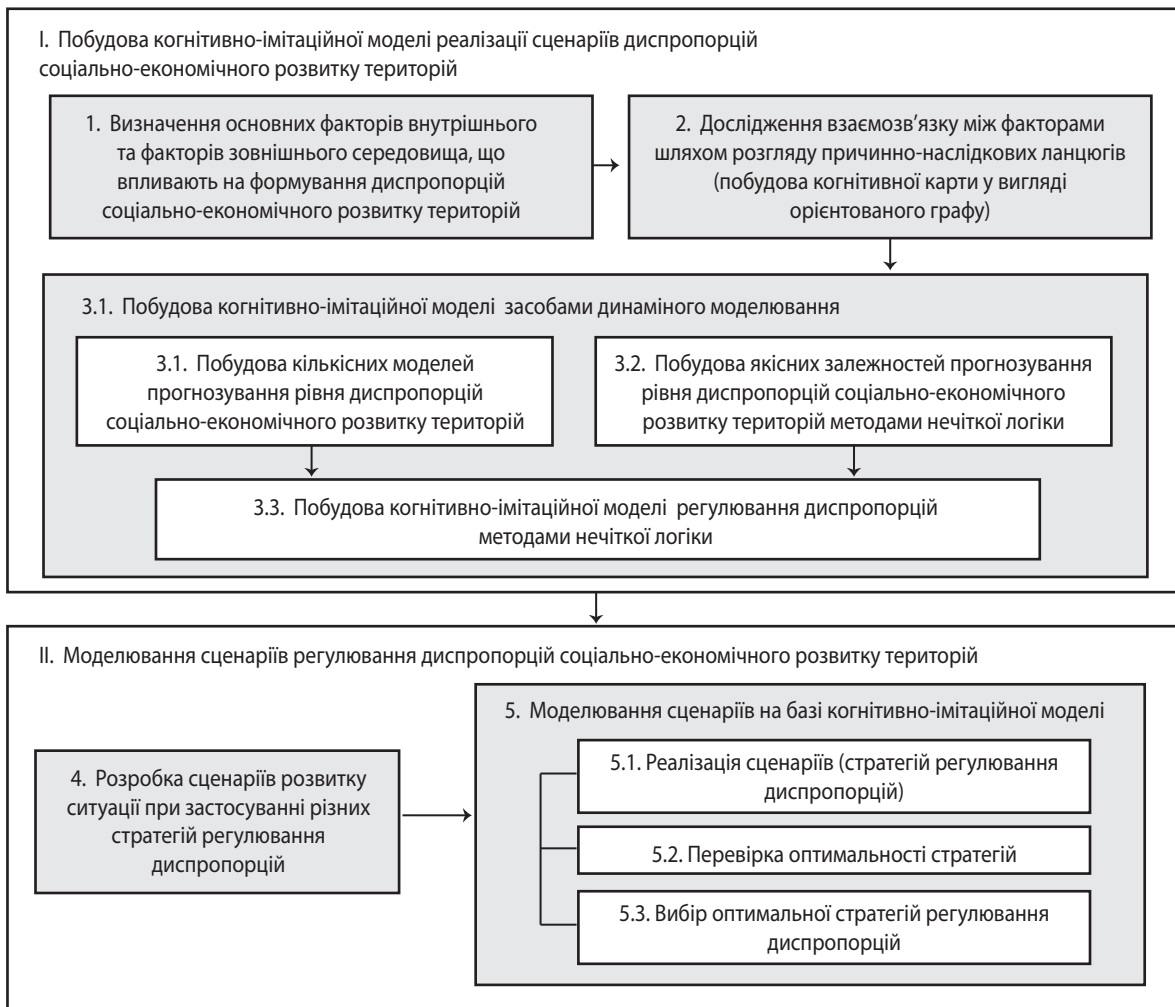


Рис. 1. Алгоритм когнітивно-імітаційного моделювання сценаріїв регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку територій

Джерело: складено автором

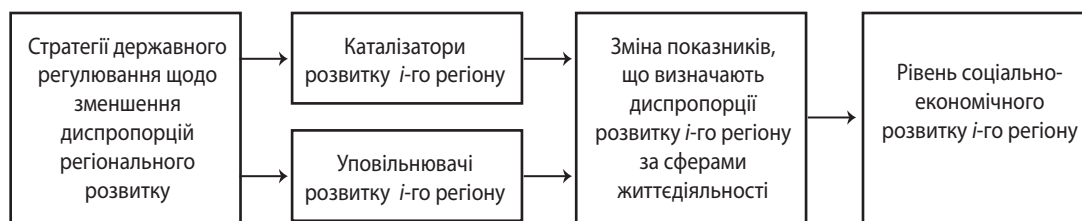


Рис. 2. Узагальнена схема імітаційної моделі реалізації сценаріїв державного регулювання щодо зменшення диспропорцій регіонального розвитку

Джерело: складено автором

- з неконтрольованими (нестримуваними) диспропорціями розвитку конкретної сфери для оцінки ефективності запропонованих рішень.

Реалізація III етапу – побудова когнітивно-імітаційної моделі засобами динамічного моделювання – спирається на отримані раніше у дослідженні результати.

В основу моделі покладаються кількісні моделі прогнозування рівня диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів, побудовані у статті автора [16], а також

моделі прогнозування рівня диспропорцій соціально-економічного розвитку територій на основі алгоритму нечіткого виводу Мамдані.

На основі цього комплексу розроблених моделей та функціонального графу (рис. 3) будується динамічна модель регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку територій. Для побудови моделі використано метод системної динаміки, запропонований Дж. Форрестером [19]. Підґрунтям для імітаційного моделювання є системна

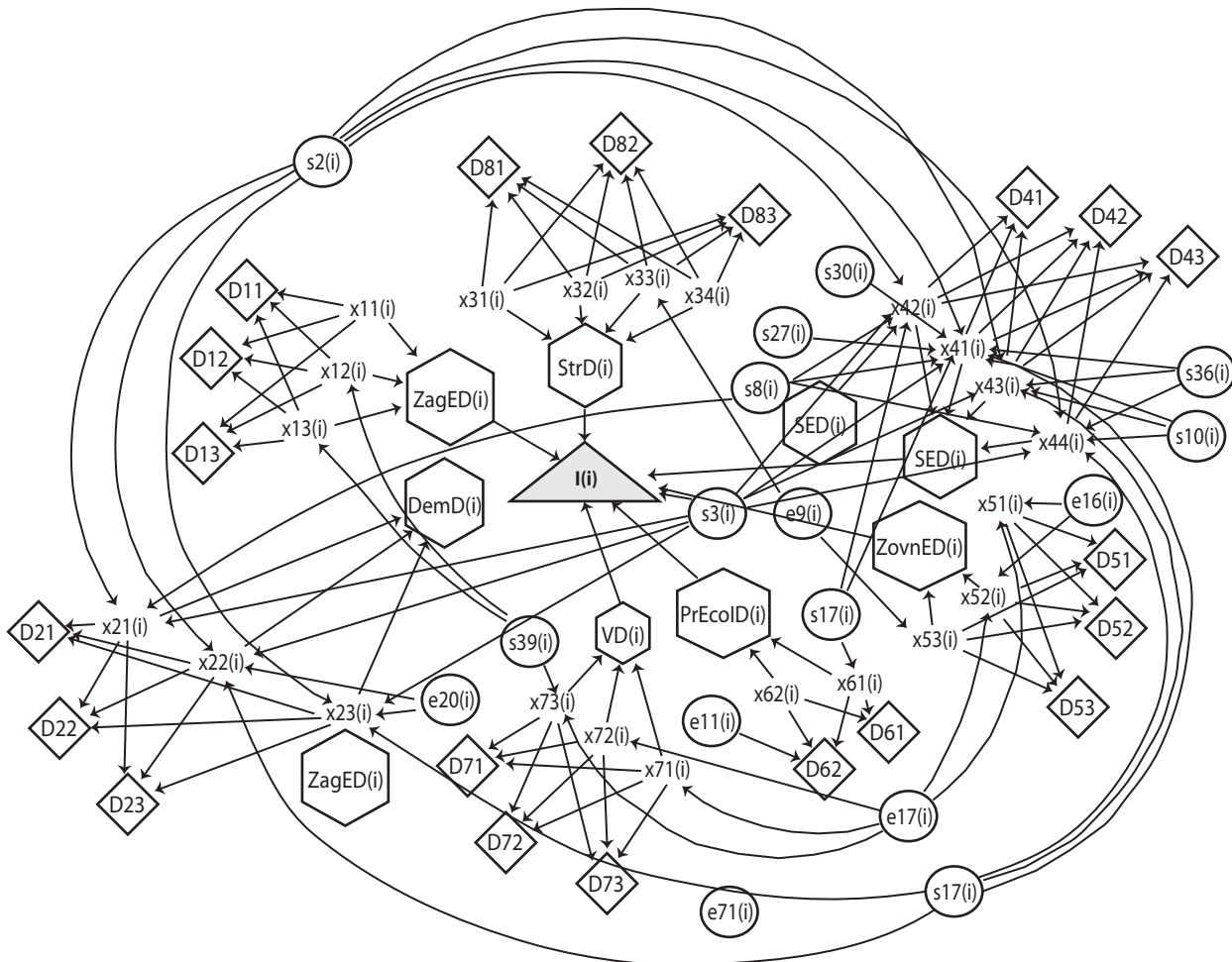


Рис. 3. Функціональний граф когнітивно-імітаційної моделі (когнітивна карта) регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів (позначення на рисунку роз'яснені у табл. 1)

Джерело: побудовано автором

динаміка, яка включає в себе такі процедури: структуризація об'єкта, побудова системної діаграми з урахуванням зв'язків між елементами, визначення змінних і темпів їх зростання, побудова гіпотез щодо залежностей між змінними, оцінка параметрів.

Етапи побудови моделі Форрестера такі:

I. Побудова базової структури моделі у вигляді орієнтованого графа.

II. Параметризація графа та побудова відповідної системи рівнянь.

III. Оцінка адекватності моделі та проведення експериментів.

Базова структура моделі складається зі змінних та орієнтованих зв'язків між ними.

У моделі системної динаміки виокремлено такі типи змінних: рівні (накопичувачі); потоки, що переміщують зміст одного рівня до іншого; функції рішень, що регулюють темпи потоків між рівнями, та канали інформації, що поєднують функції рішень з рівнями. Змінні типу рівнів характеризують процеси, для яких характерні кумулятивні стани, що виникають у системі. Кожен рівень описується змінною, що залежить від різниці вхідних і вихідних потоків в одиницю часу. Темпи характеризують миттєві потоки

між рівнями та відображують динаміку процесів, тоді коли рівні відображують стан, якого досягає система у результаті виконання роботи.

Функції рішень (рівняння темпів) зображуються як правила поведінки, що характеризують, яким чином інформація про значення рівнів впливає на прийняття рішень, пов'язаних зі значеннями темпів.

Базова структура моделі доповнюється системою рівнянь, що пов'язують характеристики рівнів цієї структури, а саме: рівняннями рівнів та рівняннями темпів [19]. При цьому часова вісь розбивається на інтервали часу $\Delta\tau_{ij}$ між i -м та j -м моментами часу. Нові значення рівнів розраховуються на кінець інтервалу $\Delta\tau_{ij+1}$. Рівняння мають вигляд (1):

$$Q_{ij} = Q_{ik} + \Delta\tau_{kj} \left(\sum_{x'} q_{x_1,i}^{k,j} - \sum_{x''} q_{x_2,i}^{k,j} \right), \quad (1)$$

де $x_1 \in x', x_2 \in x'', x' \cup x'' = x$;

x – множина рівнів, пов'язаних з i -м рівнем;

Q_i – значення i -го рівня в j -й момент часу;

$\Delta\tau_{kj}$ – інтервал від моменту k до j -го моменту часу;

Таблиця 1

Опис причинно-наслідкових зв'язків екзогенних та ендогенних факторів когнітивно-імітаційної моделі

Позначення	Екзогенний фактор	Характер впливу	Сфера життєдіяльності регіону, на яку впливає дія фактора	Показники диспропорцій, що підпадають під вплив фактора	Позначення прогнозованого результату ендогенного фактора
1	2	3	4	5	6
S_2	Міграційний приріст / скорочення населення (на 1000 осіб)	Катализатор / уповільнювач	демографічні диспропорції ($DemD_i$); соціально-економічні диспропорції (SED_i)	<p>X_{21} – співвідношення у міграційному русі населення (прибуло / вибуло в розрахунку на 10000 осіб);</p> <p>X_{22} – співвідношення між кількістю зареєстрованих безробітних та потребою у працівниках на заміщення вакантних робочих місць;</p> <p>X_{23} – співвідношення між зайнятими у виробничій сфері та сфері обслуговування;</p> <p>X_{41} – співвідношення між споживчими витратами домогосподарств та витратами сектора державного управління;</p> <p>X_{42} – співвідношення між розвитком житлового господарства (житловий фонд, тис. м куб.) і чисельністю населення;</p> <p>X_{43} – співвідношення між регіональними та середніми по країні доходами населення;</p> <p>X_{44} – частка регіону в загальному обсязі соціальних допомог</p>	$\pm \Delta I_i (\Delta DemD_i; \Delta SED_i)$
S_3	Природний приріст / скорочення населення (на 1000 осіб)	Катализатор / уповільнювач	демографічні диспропорції ($DemD_i$); соціально-економічні диспропорції (SED_i)	$X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{41}, X_{42}, X_{43}, X_{44}$	$\pm \Delta I_i (\Delta DemD_i; \Delta SED_i)$
S_8	Кількість розлучень (на 1000 осіб населення)	уповільнювач	демографічні диспропорції ($DemD_i$); соціально-економічні диспропорції (SED_i)	$X_{21}, X_{41}, X_{42}, X_{44}$	$-\Delta I_i (\Delta DemD_i; \Delta SED_i)$
S_{10}	Середній розмір реальної призначеної місячної пенсії пенсіонерам (за віком), грн	катализатор	соціально-економічні диспропорції (SED_i)	X_{41}, X_{42}, X_{44}	$\Delta I_i (\Delta SED_i)$
S_{11}	Кількість пенсіонерів (на 1000 осіб населення)	уповільнювач	демографічні диспропорції ($DemD_i$); соціально-економічні диспропорції (SED_i)	$X_{22}, X_{23}, X_{41}, X_{43}, X_{44}$	$-\Delta I_i (\Delta DemD_i; \Delta SED_i)$

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6
s_{17}	Питома вага загальної площі об'єднаної г-р'ячим водопостачанням, %	каталізатор	природно-екологічні диспропорції ($\Delta PrEcolD_i$); соціально-економічні диспропорції (SED_i)	X_{61} – співвідношення між забором і використанням води; X_{41}, X_{42}	$\Delta_i(\Delta PrEcolD_i; \Delta SED)$
s_{30}	Кількість лікарів усіх спеціальностей (на 10000 населення)	каталізатор	соціально-економічні диспропорції (SED_i)	X_{41}	$\Delta_i(\Delta SED)$
s_{36}	Середньомісячна реальна заробітна плата, грн	каталізатор	соціально-економічні диспропорції (SED_i)	X_{41}, X_{43}, X_{44}	$\Delta_i(\Delta SED)$
s_{39}	Реальний наявний дохід, у % до відповідного періоду попереднього року	каталізатор	загальноекономічні диспропорції ($\Delta ZagED_i$); виробничі диспропорції (ΔVD_i)	X_{12} – співвідношення споживання до ВРП; X_{13} – співвідношення заощадження до ВРП; X_{71} – співвідношення обсягу інноваційної; продукції до витрат на інновації; X_{73} – співвідношення між індексами промислової продукції добувної та переробної галузі	$\Delta_i(\Delta ZagED_i; \Delta VD_i)$
e_2	Валовий регіональний продукт, млн грн	каталізатор	загальноекономічні диспропорції ($\Delta ZagED_i$)	X_{11} – співвідношення між ВВП і ВРТ; X_{12}, X_{13}	$\Delta_i(\Delta ZagED_i)$
e_9	Прямі інвестиції (на 1000 осіб населення), тис. дол. США	каталізатор	структурні диспропорції ($\Delta StrD_i$); зовнішньоекономічні диспропорції ($\Delta ZagED_i$)	X_{33} – співвідношення капітальних інвестицій до обсягу будівельних робіт; X_{34} – співвідношення капітальних інвестицій до обсягу реалізованої промислової продукції; X_{53} – співвідношення між прямими інвестиціями в регіони та з регіонів України	$\Delta_i(\Delta StrD_i; \Delta ZovlED_i)$
e_{11}	Обсяги викидів ді-оксиду сірки, на 1 км ² площі регіону, кг	уповільнювач	природно-екологічні диспропорції ($\Delta PrEcolD_i$)	X_{62} – співвідношення між викидами шкідливих речовин (т) та витратами на захист навколишнього середовища	$-\Delta_i(\Delta PrEcolD_i)$
e_{16}	Експорт товарів та послуг (на 1000 осіб населення), тис. дол. США	каталізатор	загальноекономічні диспропорції ($\Delta ZagED_i$)	X_{51} – покриття експортом імпорту товарів; X_{52} – покриття експортом імпорту послуг	$-\Delta_i(\Delta ZovlED_i)$
e_{17}	Імпорт товарів і послуг (на 1000 осіб населення), тис. дол. США	уповільнювач	природно-екологічні диспропорції ($\Delta PrEcolD_i$) виробничі диспропорції (ΔVD_i)	X_{51}, X_{52}, X_{71} X_{72} – співвідношення між продукцією сільського господарства та площею сільськогосп угідь; X_{73}	$\Delta_i(\Delta VD_i; \Delta ZovlED_i)$

Джерело: складено автором на основі даних, отриманих у роботі [17]

$q_{x_1,i}^{k,j}$ – темпи потоків, які входять в i -й рівень в інтервалі між моментами k та j ;

$q_{x_2,i}^{k,j}$ – темпи потоків, які виходять з i -го рівня в інтервалі між моментами k та j .

Спрощено рівняння системних рівнів можна зобразити у вигляді диференціальних рівнянь (2):

$$\frac{dy}{dt} = y^+ - y^-, \quad (2)$$

де y^+ – додатній темп швидкості змінної y , що включає в себе всі фактори, які викликають зростання змінної y ;

y^- – від'ємний темп швидкості змінної y , що включає в себе усі фактори, які викликають зменшення змінної y .

Темпи виражаються через добуток функцій, які залежать тільки від додаткових змінних, які є комбінаціями основних змінних (3):

$$\begin{aligned} y^\pm &= g(y_1, y_2, \dots, y_n) = \\ &= f(F_1, F_2, \dots, F_k) = \\ &= f_1(F_1) f_2(F_2) \dots f_k(F_k) \end{aligned} \quad (3)$$

де $F_j = g_j(y_{i_1}, \dots, y_{i_m})$ – додаткові змінні, причому $m = m(j) < n$, $k < n$;

n – число рівнів, тобто додаткових змінних менше, ніж основних.

Реалізація моделей системної динаміки здійснюється за допомогою програмних засобів AnyLogic, VenSim, PowerSim, Stella, ModelMaker та інших. До переваг імітаційних моделей системної динаміки автори відносять можливість відобразити розгалужені причинно-наслідкові зв'язки між змінними і простоту побудови математичних залежностей та використання термінології, синонімічної до економічної [12; 13; 20; 21].

Висновки. Отже, у цій роботі побудовані залежності між факторами, що обумовлюють динаміку диспропорцій, та показниками диспропорцій, з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків екзогенних та ендогенних факторів, що обумовлюють диспропорції; побудовано функціональний граф когнітивно-імітаційної моделі регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів; побудована модель системної динаміки – модель регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів. У подальших дослідженнях передбачається реалізувати різні сценарії регулювання диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів, їх подолання, зменшення чи ефективного використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тищенко О. П. Регіональні диспропорції: сутність, методологія визначення та оцінка. *Економічна теорія*. 2011. № 4. С. 55–64.
2. Реутов В. Е., Хомицкая Д. А. Методика выявления социально-экономических диспропорций регионального раз-

вития. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2017. Т. 7. № 2А. С. 145–158.

3. Хапов Д. В. Интегральная оценка социально-экономического stanu регионов. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. № 4. С. 1084–1089.

4. Martin R. Rebalancing the Spatial Economy: the Challenge for Regional Theory. *Territory, Politics, Governance*. 2015. Vol. 3 (3). P. 235–272.

5. Клебанова Т. С., Гурьянова Л. С., Трунова Т. Н., Смирнова А. Ю. Оценка и анализ неравномерности развития регионов Украины. *Актуальні проблеми економіки*. 2009. № 8. С. 162–167.

6. Науменко Г. Ж. Методика оцінки міжрегіонального диспропорційного розвитку. *Економіка: реалії часу*. 2015. № 4 (20). С. 33–40.

7. Гурьянова Л. С., Клебанова Т. С. Сценарный анализ диспропорций регионального развития. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2012. № 10 (181). С. 146–155.

8. Сторонянська І. З., Бенювська Л. Я. Просторові асиметрії економічного розвитку в умовах адміністративно-фінансової децентралізації. *Економіка України*. 2018. № 2. С. 50–65.

9. Ромашко С. М., Саврас І. З., Селіверстов Р. Г., Юринець Р. В. Моделювання соціально-економічного розвитку території: наук.-метод. розроб. Київ: НАДУ, 2013. 44 с.

10. Максимов В. И., Корноушенко Е. К. Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач. *Труды ИПУ*. 1998. Вып. 2. С. 95–109.

11. Агапова Т. М., Бехренс Д., Курран Д. Динамические системы в экономике. Донецк: Изд-во ДонГУ, 2000. 140 с.

12. Лычкина Н. Н. Современные тенденции в имитационном моделировании. *Вестник университета ГУУ. Серия: Информационные системы управления* 2000. № 2. С. 77–84.

13. Путилов В. А., Горохов А. В. Системная динамика регионального развития. Мурманск: ПАЗОРИ, 2002. 306 с.

14. Модели и методы в экономике / под. ред. Ю. М. Арского. М.: ВИНТИ, 1996. 293 с.

15. Казаков С. А., Шебеко Ю. А. Практикум по основам имитационного моделирования бизнес-процессов. М.: Тора-ИнфоЦентр, 2002. 108 с.

16. Шевченко О. В. Методичне забезпечення оцінки та аналізу рівня регіональних диспропорцій України. *Причорноморські економічні студії*. 2018. Вип. 36. № 2. С. 44–51.

17. Шевченко О. В. Механізм визначення соціально-економічних каталізаторів диспропорцій розвитку регіонів на основі інструментального аналізу. *Економічний вісник університету ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди МОН України»*. 2019. Вип. 42. С. 110–121.

18. Shevchenko O. Models of Reduction of interregional disparities accounting regional economic security // 2019 IEEE International scientific-practical conference «Problems of Infocommunication: science and technology» (PIC S&T'2019). Conference proceedings, October 8-11, 2019, Kyiv, Ukraine. P. 193–196.

19. Форрестер Дж. Динамика развития города. М.: Прогресс, 1974. 568 с.

20. Нгуен Ши Данг. Моделювання і прогнозування макроекономічних показників в системі підтримки прийняття рішень управління державними фінансами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2007. 20 с.

21. Цисарь И. Ф., Нейман В. Г. Компьютерное моделирование экономики. М.: Диалог – МИФИ, 2002. 304 с.

REFERENCES

- Agarova, T. M., Bekhrens, D., and Kurran, D. *Dinamicheskiye sistemy v ekonomike* [Dynamic Systems in Economics]. Donetsk: IZD-VO DonGU, 2000.
- Forrester, Dzh. *Dinamika rozvitiya goroda* [The Dynamics of the City]. Moscow: Progress, 1974.
- Guryanova, L. S., and Klebanova, T. S. "Stsenarnyy analiz disproportsii regionalnogo rozvitiya" [Scenario Analysis of Imbalances in Regional Development]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia*, no. 10 (181) (2012): 146-155.
- Kazakov, S. A., and Shebeko, Yu. A. *Praktikum po osnovam imitatsionnogo modelirovaniya biznes-protsessov* [Workshop on the Basics of Simulation of Business Processes]. Moscow: Tora-InfoSentr, 2002.
- Khapov, D. V. "Integralna otsinka sotsialno-ekonomichnoho stanu rehioniv" [Integral Assessment of Socio-economic Status of Regions]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, no. 4 (2015): 1084-1089.
- Klebanova, T. S. et al. "Otsenka i analiz neravnomernosti rozvitiya regionov Ukrainy" [Assessment and Analysis of the Uneven Development of the Regions of Ukraine]. *Aktualni problemy ekonomiky*, no. 8 (2009): 162-167.
- Lychkina, N. N. "Sovremennyye tendentsii v imitatsionnom modelirovanii" [Current Trends in Simulation]. *Vestnik universiteta GUU. Seriya : Informatsionnyye sistemy upravleniya*, no. 2 (2000): 77-84.
- Maksimov, V. I., and Kornoushenko, Ye. K. "Analiticheskiye osnovy primeneniya kognitivnogo podkhoda pri reshenii slabostrukturirovannykh zadach" [The Analytical Foundations of the Application of the Cognitive Approach in Solving Poorly Structured Problems]. *Trudy IPU*, no. 2 (1998): 95-109.
- Martin, R. "Rebalancing the Spatial Economy: the Challenge for Regional Theory". *Territory, Politics, Governance*, vol. 3 (3) (2015): 235-272.
- Modeli i metody v ekonomike* [Models and Methods in Economics]. Moscow: VINITI, 1996.
- Naumenko, H. Zh. "Metodyka otsinky mizhrehionalnogo disproportsiinoho rozvytku" [Methods of Assessment of Interregional Disproportionate Development]. *Ekonomika: realii chasu*, no. 4 (20) (2015): 33-40.
- Nhuen, Shi Danh. "Modeliuvannia i prohnozuvannia makroekonomichnykh pokaznykiv v systemi pidtrymky pryiniattia rishen upravlinnia derzhavnymy finansamy" [Modeling and Forecasting of Macroeconomic Indicators in the System of Support of Decision Making of Management of Public Finances]: *avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.13.06*, 2007.
- Putilov, V. A., and Gorokhov, A. V. *Sistemnaya dinamika regionalnogo rozvitiya* [Systemic Dynamics of Regional Development]. Murmansk: PAZORI, 2002.
- Reutov, V. Ye., and Khomitskaya, D. A. "Metodika vyyavleniya sotsialno-ekonomicheskikh disproportsiy regionalnogo rozvitiya" [Methodology for Identifying Socio-economic Imbalances in Regional Development]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*, vol. 7, no. 2A (2017): 145-158.
- Romashko, S. M. et al. *Modeliuvannia sotsialno-ekonomichnoho rozvytku terytorii* [Modeling of Socio-economic Development of Territories]. Kyiv: NADU, 2013.
- Shevchenko, O. V. "Metodychne zabezpechennia otsinky ta analizu rivnia rehionalnykh dysproportsii Ukrainy" [Methodical Provision of Assessment and Analysis of the Level of Regional Disparities in Ukraine]. *Prychornomorski ekonomichni studii*, vol. 36, no. 2 (2018): 44-51.
- Shevchenko, O. "Models of Reduction of interregional disparities accounting regional economic security". *«Problems of Information Science and Technology» (PIC S&T'2019)*. Kyiv, 2019. 193-196.
- Shevchenko, O. V. "Mekhanizm vyznachennia sotsialno-ekonomichnykh katalizatoriv dysproportsii rozvytku rehioniv na osnovi instrumentalnogo analizu" [Mechanism for Determining Socio-economic Catalysts of Regional Disparities Based on Instrumental Analysis]. *Ekonomichniy visnyk universytetu DVNZ «Pereiaslav-Khmelnytskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet imeni Hryhoriia Skovorody MON Ukrainy»*, no. 42 (2019): 110-121.
- Storonianska, I. Z., and Benovska, L. Ya. "Prostorovi asyetrii ekonomichnoho rozvytku v umovakh administratyvno-finansovoi detsentralizatsii" [Spatial Asymmetries of Economic Development in Terms of Administrative and Financial Decentralization]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 2 (2018): 50-65.
- Tsisar, I. F., and Neyman, V. G. *Kompyuternoye modelirovaniye ekonomiki* [Computer Modeling of Economics]. Moscow: Dialog - MIFI, 2002.
- Tyshchenko, O. P. "Rehionalni dysproportsii: sutnist, metodohiia vyznachennia ta otsinka" [Regional Disparities: Nature, Methodology and Definition]. *Ekonomichna teoriia*, no. 4 (2011): 55-64.

Стаття надійшла до редакції 06.02.2020 р.