

## ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ КЛАСТЕРНОГО ТИПУ

*Під час політичної та економічної кризи перед суспільством постає багато питань щодо регіонального розвитку країни, оскільки регіон – базова макроекономічна одиниця, яка впливає на добробут країни. Запропоновано ефективний спосіб регіонального розвитку на основі економічних систем кластерного типу. Проаналізовано основні підходи до моделювання подібних систем та визначено оптимальний у розрізі поточних українських реалій.*

**Ключові слова:** регіон, кластер, моделювання, економічна система, кластерна структура.

**JEL classification:** C500, R32, R15

**Постановка проблеми.** В умовах політичної та економічної кризи в Україні інноваційний соціально-економічний розвиток регіонів набуває надважливого значення. Регіони країни формують основу успішного функціонування економіки, її конкурентоспроможності та якості створеного продукту. Зважаючи на досвід європейських країн, структурна перебудова економіки та перехід на сталий розвиток починається саме на регіональному рівні, оскільки основу цього процесу складає нарощення не тільки виробничого, а й природо-ресурсного, інноваційного, демографічного, інформаційного, соціального та культурного потенціалу. Таким чином, структурна перебудова економіки будується на всіх складових соціально-економічного потенціалу та розвитку.

Однією з ключових складових прискорення соціально-економічного розвитку регіонів та переходу економіки на сталий розвиток є створення кластерних структур на регіональному рівні. Подібні утворення формують об'єднання багатьох економічних агентів із множинними внутрішніми та зовнішніми зв'язками та взаємними залежностями. Найкращим способом дослідження утворення та функціонування кластерних структур є математичне моделювання.

Незважаючи на те, що на сьогодні існує багато підходів до моделювання регіональних економічних систем кластерного типу, серед них не можна виділити універсального. Залежно від кількості регіонів, їхнього взаємного розташування, ресурсної, промислової, виробничої, людської та наукової бази регіонів для кожної країни формується власний тип моделі. Саме тому адаптація наявних математичних моделей до україн-

ських реалій, а також їх удосконалення є необхідним та важливим кроком у напрямі досягнення цілей економічного та соціального добробуту як на рівні регіональної, так і на рівні національної економіки, оскільки утворення регіонального кластера в провідній галузі позитивно впливає на функціонування кожного окремого підприємства в регіоні незалежно від його розміру, на соціальне забезпечення громадян, демографічний стан регіону; сприяє підвищенню обсягів валового регіонального продукту, конкурентоспроможності регіону та значному інноваційному розвитку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемам соціально-економічного розвитку та створення кластерних регіональних структур було присвячено велику кількість праць. Першим поняття кластера запропонував Майкл Портер [15; 26], він також описав зв'язки між економічними агентами, які виникають у разі розробки програми кластерного регіонального розвитку в країні, і те, як від кластеризації вирає економіка країни, підвищуючи власну конкурентоспроможність. В розвиток ідеї регіональної промислової кластеризації також зробили свій внесок такі іноземні вчені, як П. Фішер, А. Корнетт, Я. Хансен, Я. Едвард, Дж. Даннінг, Дж. Ліотард та інші. Серед українських вчених, які досліджували цю тематику, слід виділити М. П. Войнаренка [4; 11], який у своїх працях досліджував теорію кластерів з позиції інституційного розвитку соціально-економічних систем, розробив інструментарій визначення кластерного потенціалу територій та механізми забезпечення зростання конкурентоспроможності економічних

структур; І. Г. Яненкову [22], яка досліджувала та розробляла методичний і практичний інструментарій інноваційного розвитку економіки, що частково базувався на утворенні кластерних структур, а також багато інших дослідників, серед яких О. В. Безлугий, О. Ю. Бобровська, А. О. Васильєв, І. І. Вишлова-Пилєва, Н. Ф. Добрева, О. П. Крайник, О. Г. Лиска, О. І. Ляшевська, О. М. Макаренко, В. В. Мамонова, О. В. Решець, В. М. Тимків, І. Є. Туркіна [12] та ін.

Також зауважимо, що достатньо велике коло сучасних українських вчених проводять дослідження соціально-економічного розвитку регіонів, моделювання та прогнозування соціально-економічних процесів. Серед них можна виділити академіка НАН України О. О. Бакаєва [2; 1; 10], який займався розробкою методології та створенням економіко-математичних моделей розвитку і функціонування складних систем та розробив ряд макроекономічних економетричних моделей для прогнозування соціально-економічного розвитку України; В. М. Геєць [6–8] разом з колективом Інституту економіки та економічного прогнозування НАН України зробили внесок у дослідження економічного зростання, моделювання економічного розвитку, макроекономічне прогнозування, моделювання соціально-економічного розвитку, а також у розвиток інновацій та аналіз кластерних перспектив в Україні. Макроекономічним та економетричним моделюванням складних динамічних соціально-економічних систем займаються представники наукової школи під керівництвом І. Г. Лук'яненка [19]. Також питання соціально-економічного та макроекономічного моделювання відображено в працях таких українських учених, як І. В. Крючкова, М. І. Скрипниченко, С. С. Шумська, М. П. Соколик та ін.

Отже, моделювання соціально-економічних процесів в Україні достатньо розвинене, і поняття кластера вже не є новим. Але зміст наукових праць вказує на те, що моделювання соціально-економічного розвитку регіонів України на основні кластерного типу потребує подальшого поглибленого аналізу, оскільки це відкриває широкі перспективи для майбутніх досліджень.

**Постановка завдання.** На основі викладеного вище можна сформулювати завдання дослідження, яке полягає в поглибленому порівнянні наявних підходів до моделювання регіональних економічних систем кластерного типу, що потребує визначення соціально-економічного розвитку регіону, кластера як його основи та проведення порівняльного аналізу наявного математичного інструментарію.

### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Поняття кластеризації в економічній системі є порівняно новим для української науки. Комплексні дослідження цього напрямку ведуть у розрізі регіональної політики та регіонального менеджменту. Водночас, для практичного застосування концепції кластера необхідне поєднання кількісних та якісних методів аналізу. Універсальним методом дослідження кластеризації на регіональному рівні є математичне моделювання.

У сучасних економічних дослідженнях поняття кластера використовують для пояснення поєднання економічних, технічних, інноваційних та виробничих процедур для випуску одного чи декількох видів готової продукції. Саме кластери можуть стати тією конкурентною перевагою економіки країни, які виведуть її на новий рівень конкурентних міжнародних відносин.

Кластери – це сконцентровані за географічною ознакою групи пов'язаних компаній, спеціалізованих постачальників, постачальників послуг, фірм у пов'язаних галузях, а також пов'язаних з їхньою діяльністю організацій (університетів, науково-дослідних інститутів, торгових об'єднань) у певних галузях, що конкурують, але ведуть при цьому спільну роботу [15, с. 256]. Територіально кластер може бути розташований у межах одного міста, області, регіону, країни або навіть декількох сусідніх країн. Кластери можуть мати різну форму залежно від складності утворення, але більшість охоплює: виробничу або сервісну компанію; постачальників спеціалізованих факторів виробництва, комплектації, механізмів, сервісних послуг; фінансові інститути; фірми в супутніх галузях. До кластерів часто входять фірми, які працюють із каналами збуту продукції або споживачами; спеціалізовані провайдери інфраструктури; урядові та інші організації, що надають соціальну освіту, інформацію, наукові розробки; а також агенції, що встановлюють стандарти функціонування регіональної кластерної структури. Урядові структури, що значною мірою впливають на кластер, також розглядають як його частину. Крім того, багато кластерів містять бізнес-об'єднання та інші структури приватного сектора економіки та організації з поліпшення співпраці, що підтримують членів кластеру [15, с. 258].

Соціально-економічний розвиток регіону – це багатогранний процес, який розглядається з погляду сукупності різноманітних соціальних та економічних цілей, та включає такі аспекти, як зростання виробництва та доходів, зміни в інституціональній, соціальній та адміністративній структурі виробництва, культурному рівні

тощо [5, с. 87]. Основними групами показників, які можуть слугувати індикаторами соціально-економічного розвитку регіонів, є показники демографічного розвитку, екологічного стану, економічного стану, енергоспоживання, соціального середовища, умов проживання, фінансового та демографічного стану [13, с. 3]. Утворення регіональних кластерів сприяє покращенню всіх показників соціально-економічного розвитку, оскільки взаємодія держави, бізнесу, інноваційних центрів, науково-дослідних інститутів та фінансових інституцій призводить до утворення синергетичного ефекту.

Перевага та новизна кластерного підходу полягає в тому, що він значною мірою впливає на макроекономічну складову, а також на територіальний і соціальний аспекти економічного розвитку. Крім того, кластерний підхід є ефективним інструментом для стимулювання регіонального розвитку, який виражається у підвищенні зайнятості, конкурентоспроможності регіональних виробничих систем, зростанні бюджетних доходів тощо. Таким чином, кластеризація є одним із найефективніших механізмів сприяння соціально-економічному розвитку регіонів України.

На поточний момент в Україні не сформовано універсального підходу до моделювання складних економічних систем кластерного типу та критеріїв вимірювання ефективності їхньої діяльності. Тому виникає необхідність порівняльного аналізу підходів до моделювання регіональних економічних систем кластерного типу, їх узагальнення та подальшого удосконалення.

Оскільки кластер складається з багатьох пов'язаних та залежних один від одного об'єктів, моделювання кластерів може бути здійснено із використанням таких підходів, як кластерний аналіз [13], дискримінантний аналіз [24], балансової моделі [3], імітаційного моделювання [16], штучних нейромереж [25].

Кластеризація (або кластерний аналіз) полягає в розбитті множини об'єктів на групи, які називають кластерами. Всередині кожної групи повинні опинитись об'єкти, подібні за певними ознаками, а об'єкти різних груп максимально розрізняються за певними ознаками [24, р. 176].

Цілями кластеризації є аналіз структури даних, визначення зв'язків між певними типами даних, класифікація даних.

Основні етапи проведення кластерного аналізу передбачають:

1. Визначення вибірки даних для аналізу.

2. Визначення множини змінних, за якими оцінюватимуть об'єкти вибірки. За необхідністю – нормалізація значень змінних.

3. Розрахунок значень міри подібності об'єктів.

4. Застосування методу кластерного аналізу для створення груп подібних об'єктів (кластерів).

5. Формалізація результатів аналізу.

Вхідні дані для кластерного аналізу, як правило, надають у вигляді матриці розміром  $(m \times n)$ , яка містить інформацію одного з трьох типів: вимір значень  $m$  змінних для  $n$  об'єктів, квадратна матриця  $(n \times n)$  відстані між парами об'єктів, квадратна матриця  $(n \times n)$  близькості для всіх пар  $n$  об'єктів.

У контексті моделювання регіональних структур кластерного типу кластерний аналіз допомагає визначити групування підприємств та однотипних виробництв, таким чином надаючи інформацію про потенціальний економічний кластер.

Також класифікувати регіональні об'єкти з метою визначення кластерного потенціалу дає змогу дискримінантний аналіз, який є розділом багатовимірної статистичного аналізу, який дозволяє вивчати відмінності між двома або більше групами об'єктів за декількома змінними одночасно. За методом дискримінантного аналізу перевіряють гіпотезу про можливість класифікації заданої множини із  $n$  об'єктів, які характеризовані деяким числом  $m$  змінних  $X$ , на деяку кількість класів, або кластерів  $k$ . Цей метод дає змогу об'єктивно класифікувати нові об'єкти за цими змінними [3, с. 74].

Під час проведення аналізу відбувається пошук набору дискримінантних функцій  $d_l$ , що забезпечують класифікацію об'єктів на задану кількість класів:

$$d_l = b_{l0} + b_{l1} \cdot X_1 + \dots + b_{lm} \cdot X_m, \quad l = 1, \dots, k.$$

Вхідні дані надаються у вигляді матриці розміром  $(m + 1) \times n$ , де  $n$  рядків характеризують  $n$  об'єктів. Перші  $m$  стовпчиків – це значення  $m$  змінних для  $n$  об'єктів, а  $(m + 1)$ -й стовпчик для кожного об'єкта – це номер його класу. Класи рахують натуральними числами від 1 до  $k$ , де  $k$  – кількість класів. Об'єкти, які характеризовані рядками у матриці, можуть бути розташовані в довільному порядку щодо номерів класів. Метод дискримінантного аналізу дає змогу отримати ймовірнісне обґрунтування результатів кластеризації [3, с. 75–78]. Таким чином, можна проаналізувати ймовірність утворення регіонального кластера у групах, які сформувались у процесі моделювання.

Балансові моделі – це клас економіко-математичних моделей, побудованих у вигляді рівняння або системи рівнянь, що демонструють балансові співвідношення і характеризують рівність

отриманого (виробленого або придбаного) та розподіленого, використаного продукту [17, с. 85]. Метою розробки балансової моделі є побудова системи планів підприємства, спрямованих на задоволення попиту споживачів і отримання достатнього і стабільного прибутку від результатів його виробничо-господарської діяльності протягом тривалого часу [14, с. 7]. Балансові моделі можуть бути адаптовані для моделювання регіональних структур кластерного типу. В такому разі регіон інтерпретується як виробництво, і співвідношення виробленого продукту складають основу моделювання.

Модель міжгалузевого балансу являє собою таблицю, яка складається із трьох основних квадрантів: перший – проміжне споживання, другий – кінцеве використання ВВП, третій – вартісний склад ВВП. Іноді до моделі включають четвертий квадрант, який характеризує частковий перерозподіл доданої вартості між галузями народного господарства через бюджетну та фінансово-кредитну систему держави. Ця модель може бути адаптована до поставленої задачі моделювання регіональних кластерів шляхом виділення основних галузей, що входять до кластера, та аналізу ефектів (фінансових показників – прибутку, собівартості, оплати праці тощо) підприємств регіону, що входять та не входять до кластера (відповідно, їхні ефекти відзнятимуться) [3].

Окрім вищезазначених засобів моделювання, одним із найбільш перспективних може стати системна динаміка. Системна динаміка (або імітаційне моделювання) – один із найпотужніших інструментів, які використовують у сучасній науковій та бізнес-діяльності для аналізу та проектування складних систем, насамперед тих, які містять петлі зворотного зв'язку. Зважаючи на потужність та чутливість інструменту, для прийняття рішень на основі динамічного моделювання важливо чітко визначити вхідні припущення. Імітаційне моделювання дає змогу експериментувати з формалізованими системами (аналогами реальних складних динамічних нелінійних систем) у тих випадках, коли це практично неможливо зробити на реальних об'єктах. Необхідність імітаційного моделювання визначається виникненням нових наукових і прикладних проблем, які викликають зростання вимог до засобів моделювання. Динамічні моделі не здатні сформулювати рішення в чистому вигляді, але слугують якісним засобом для аналізу поведінки системи в умовах, заданих експериментатором [16, с. 53–54].

Задачі, для яких імітаційне моделювання може стати найбільш адекватним інструментом розв'язання [16, с. 55–56]: дослідження складних систем з метою визначення причинно-наслідкових зв'язків, прогнозування наслідків зміни стратегії управління складною системою, навчання спеціалістів для роботи із складними природно-технічними комплексами.

Імітаційне моделювання базується на таких основних припущеннях.

Динаміку поведінки процесу будь-якого рівня складності можна звести до зміни значень деяких «рівнів», а зміни у процесах регулювати потоками, які збільшують або зменшують рівень, що формалізовано можна представити таким чином:

$$S(t) = \int_{t_0}^t (X(t) - Y(t))dt + S(t_0),$$

де  $t$  – поточний час,  $t_0$  – початковий час,  $X(t)$  – рівень,  $Y(t)$  – вихідний потік,  $S(t_0)$  – вхідний потік.

Крім того, припускають, що всі зміни в будь-якій системі зумовлені петлями зворотного зв'язку. Це замкнутий ланцюг взаємодій, який пов'язує початкову дію з її результатом, змінюючи характеристики середовища, які, своєю чергою, є умовами, що викликають зміни. Також припускають, що петлі зворотного зв'язку в будь-якій системі з'єднані нелінійно. Таким чином, інформація про рівні системи через зворотні зв'язки опосередковано впливає на рівні в непропорційному та непрогнозованому режимі. Також імітаційне моделювання дає змогу відображати нетривіальну поведінку мережі взаємодії потоків та зворотних зв'язків. Його використання є ефективним у випадку, коли поведінка об'єктів не може бути описана математично з достатньою точністю.

Отже, імітаційне моделювання можна застосувати для моделювання регіональних економічних систем кластерного типу, оскільки вони є складними динамічними системами, в яких складові взаємопов'язані та мають взаємний вплив. Також імітаційне моделювання допомагає розв'язати проблему з нестачею статистичних даних, передбачаючи заміну відсутніх даних функціями та рівняннями, що описують тип впливу однієї структури на іншу.

Останніми роками імітаційне моделювання набуло поширення завдяки розвитку інформаційних технологій. При цьому слід зазначити, що класичні інформаційні технології ефективні при обробці та аналізі формалізованої інформації, між компонентами якої прослідковуються чіткі зв'язки. Водночас вони є неефективними

для розв'язання неформалізованих задач, при обробці великих масивів неструктурованої та неповної інформації, що виникає, наприклад, при функціонуванні регіональних кластерів. Саме тому виник спосіб моделювання на основі штучних нейронних мереж, які являють собою математичні моделі, побудовані за принципом функціонування біологічних нейронних мереж. Ключовим елементом таких моделей є штучний нейрон [25, с. 1–8].

Кожен нейрон виглядає як вузол, до якого надходять дані з інших нейронів. Всередині нейрона відбувається декілька перетворень. Кожному вхідному сигналу надається вага, зважені сигнали складаються. Отримана сума порівнюється із функцією активації нейрона, яка має певне порогове значення. У випадку, якщо сума буде менше, ніж порогове значення, то функція активації отримує мінімальне значення, якщо більше – максимальне. Потім сигнал іде на вихід і поширюється на інші нейрони [23, с. 59].

Процес моделювання кластерів за допомогою штучних нейронних мереж поділяють на декілька етапів [25; 26]: 1) визначення проблеми (прийняття рішення про те, яку вхідну інформацію необхідно використати, та що повинна робити мережа; формулюють постановку задачі та виділяють набір ключових параметрів, що характеризують діяльність кластера,

оптимальним для цього буде використання експертної думки фахівців); 2) розробка рішення щодо збору та представлення інформації (обирають різновид нейронної мережі, який максимально підходить для моделювання кластера); 3) визначення архітектури нейронної мережі (специфікація вхідних та вихідних сигналів, розстановка ключових нейронів, підготовка до навчання мережі); 4) навчання мережі (вхідні сигнали по черзі вводять у нейронну мережу, а вихідні – порівнюють із еталоном; потім простежують шлях від виходів мережі до її вхідного шару, і всі нейронні зв'язки, що сприяли прийняттю правильного рішення щодо кластерів, відмічаються та їхня вага збільшується; якщо призвели до неправильного рішення – вага зменшується); 5) тестування навченої мережі (процес навчання відбувається доти, доки сумарна помилка в реакції мережі не стане меншою за задане значення).

Мережу після навчання можна використовувати для моделювання регіональних кластерних систем, надаючи їй реальні дані. Нейронами можуть бути як окремі показники економічної діяльності регіону на макроекономічному рівні, так і окремі підприємства із власними значеннями розміру, прибутковості тощо.

Основні переваги та недоліки кожного підходу можна побачити в таблиці.

**Таблиця. Порівняльна таблиця можливих підходів до моделювання регіональних структур кластерного типу**

Підхід	Переваги	Недоліки
Кластерний аналіз	Відносна простота нормалізації даних та реалізації методу, наочність	Нестабільність при виникненні викидів, недостатність методу для моделювання складних систем
Дискримінантний аналіз	Відносна простота реалізації, можливість пояснення залежної змінної незалежною, не має великої кількості обмежень порівняно з регресійним аналізом, доповнює кластерний аналіз	Метод не дає змоги моделювати складні змінювані системи, зростання ймовірності помилки при прогнозуванні віддаленого майбутнього
Балансові моделі	Моделі описують взаємозв'язки між об'єктами; дають змогу оцінити результати діяльності в кількісному вимірі, прогнозувати майбутнє; можливість виділення показників ефективності діяльності кластера	Велика кількість обмежень у моделі; висока складність розрахунків; потребує чіткої формалізації зв'язків
Імітаційне моделювання	Оптимальний засіб моделювання у слабо формалізованих ситуаціях; оптимальний засіб моделювання новітніх процесів; дає змогу моделювати довгострокові процеси, управляти процесом моделювання на кожному етапі; має здатність відображати нелінійні процеси та зворотні зв'язки	Великі часові та інтелектуальні витрати на створення моделі та проведення експериментів, а також на обробку їхніх результатів; складність встановлення реалістичних зв'язків між об'єктами моделі
Штучні нейронні мережі	Можливість розв'язувати задачі за невідомих закономірностей за рахунок навчання мережі; стійкість до шумів у вхідних даних (нейронна мережа самостійно відкидає неінформативні сигнали); адаптація до змін у навколишньому середовищі; висока швидкість обробки інформації; стійкість до порушень мережі	Складність із пошуком прикладів для навчання; навчання системи може призвести до безвихідної ситуації; поведінка навченої нейронної мережі не завжди передбачувана; велика складність побудови робочої мережі

**Висновки.** Проведене дослідження свідчить про те, що регіональні кластерні утворення мають значний позитивний вплив на соціально-економічний розвиток регіонів. З метою розробки оптимальної стратегії побудови кластерних регіональних утворень в Україні необхідно застосувати математичне моделювання.

Проведений поглиблений аналіз основних підходів до моделювання кластерних систем, починаючи від простіших і закінчуючи найбільш комплексними та складними, дає змогу вибрати апарат для моделювання економічних регіональних систем кластерного типу.

Можна зазначити, що найпростіші методи мають найменшу кількість недоліків, однак їх неможливо використати для побудови повноцінної моделі кластера, оскільки кластер – це складна система з великою кількістю взаємопов'язаних об'єктів, а взаємозв'язки між об'єктами

часто не є лінійними. Також особливістю моделювання кластера є недостатність інформації та слабка формалізація, що впливає на вибір оптимального методу моделювання.

Для початкового аналізу з метою визначення кластерного потенціалу регіонів можна використати метод кластерного та дискримінантного аналізу. Ці методи дають змогу на перших етапах моделювання з'ясувати, які регіони тяжіють до утворення кластера з тією чи тією спеціалізацією. Водночас, для моделювання власне кластерної системи вибір полягає між методом імітаційного моделювання та методом нейронних мереж, і оптимальним вибором стає імітаційне моделювання.

Перспективою подальших досліджень є можливість визначення кластерних регіональних структур за допомогою методу імітаційного моделювання.

#### Список літератури

1. Бакаев А. А. Комплекс макроэкономических моделей прогнозирования экономики Украины по различным сценариям ее развития / А. А. Бакаев, В. И. Гриценко, Г. В. Бондаренко // Вестн. СевГУ. – 1999. – Вып. 21. Экономика и финансы. – С. 95–100.
2. Бакаев А. А. Методика системного конструирования комплекса моделей прогнозирования социально-экономического развития Украины / А. А. Бакаев, Г. В. Бондаренко, Г. Б. Лебеда // Экономика-математическое моделирование социально-экономических систем : сб. научн. тр. НАН Украины / Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова. – К., 1994. – С. 55–63.
3. Буреева Н. Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA» : Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики» / Н. Н. Буреева. – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.
4. Войнаренко М. П. Кластеры в институциональной экономике : монография / М. П. Войнаренко. – СПб. : АНО ИПЭВ, 2013. – 496 с.
5. Гаврилов А. И. Региональная экономика и управление : учеб. пособ. для вузов / А. И. Гаврилов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 239 с.
6. Геєць В. М. Інноваційні перспективи України : монографія / В. М. Геєць, В. П. Семиноженко. – Харків : Константа, 2006. – 272 с.
7. Геєць В. М. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування : [підручник] / В. М. Геєць, Т. С. Клебанова, О. І. Черняк, В. В. Іванов, Н. А. Дубровіна, А. В. Ставицький. – Харків : ВД «ИНЖЕК», 2005. – 396 с.
8. Геєць В. М. Кластери і мережеві структури в економіці – тема досить цікава, але до кінця ще не вивчена / В. М. Геєць // Економіст. – 2008. – № 10. – С. 10–11.
9. Денисов Г. А. О применении балансовых моделей в управлении кластерами региональной экономики [Электронный ресурс] / Г. А. Денисов // Новые технологии. – 2011. – № 2. – С. 79–83. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>. – Заглавие с экрана.
10. Економіко-математичні моделі економічного зростання / О. О. Бакаєв, В. І. Гриценко, Л. І. Бажан, Л. О. Бакаєв, К. А. Бобер ; НАН України. МОН України. Міжнар. наук.-навч. центр інформ. технологій та систем. – К. : Наук. думка, 2005. – 189 с.
11. Кластери в економіці України : монографія / за наук. ред. докт. екон. наук, проф. М. П. Войнаренка. – Хмельницький : ХНУ, ФОП Мельник А. А., 2014. – 1085 с.
12. Кластери як інструмент регіонального розвитку : матеріали науково-практичного семінару (м. Феодосія, 16–20 липня 2012 р.) / за ред. проф. В. В. Мамонової. – Х. : ХарПІ НАДУ, 2012. – 115 с.
13. Моделювання соціально-економічного розвитку територій : наук.-метод. розробка / [С. М. Ромашко, І. З. Саврас, Р. Г. Селівестов, Р. В. Юринець]. – К. : НАДУ, 2013. – 44 с.
14. Одинцова Л. А. Планирование на предприятии : учебник для вузов / Л. А. Одинцова. – М. : Академия, 2007. – 272 с.
15. Портер М. Э. Конкуренция / М. Э. Потер ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 608 с.
16. Путилов В. А. Системная динамика регионального развития : монография / А. В. Путилов, А. В. Горохов. – Мурманск : НИЦ «Пазори», 2002. – 306 с.
17. Райзберг Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева ; 5-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2007. – 495 с.
18. Цхай С. М. Задачи календарного планирования на сети сложной структуры / С. М. Цхай. – Новосибирск : НТУ, 1991. – 148 с.
19. Современные проблемы моделирования социально-экономических систем : коллективна монографія / за ред. д-ра екон. наук, проф. В. С. Пономаренко, д-ра екон. наук, проф. Н. А. Кизимы, д-ра екон. наук, проф. Т. С. Клебановой. – Х. : ФЛП Александрова ; К. ; М. : ИД «ИНЖЭК», 2009. – 440 с.
20. Сухоруков А. І. Моделювання та прогнозування соціально-економічного розвитку регіонів України : монографія / А. І. Сухоруков, Ю. М. Харазішвілі. – К. : НІСД, 2012. – 368 с.
21. Тарасюк Г. М. Планування діяльності підприємства : навч. посіб. / Г. М. Тарасюк, Л. І. Шваб. – [2-ге вид.]. – К. : Каравела, 2005. – 312 с.
22. Яненко І. Г. Організаційний ресурс інноваційного розвитку економіки : автореф. дис. на здобуття ступеня д-ра екон. наук : 08.00.03 / І. Г. Яненко. – К., 2013. – 37 с.
23. Kriesel D. A brief introduction to neural Networks [Electronic resource] / David Kriesel. – No official publisher, 2007. – Mode of access: <http://www.dkriesel.com>. – Title from the screen.
24. Mirkin B. Mathematical Classification and Clustering / B. Mirkin. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 1996.
25. Graupe D. Principles of artificial neural networks / Daniel Graupe. – Singapore : World Scientific, 2013. – 383 p.
26. Porter M. E. The Competitive Advantage of Nations / M. E. Porter. – New York : The Free Press, 1990. – 857 p.

## References

- Bakaev, A. A., Gritsenko, V. I., & Bondarenko, G. V. (1999). Kompleks makroekonomicheskikh modeley prognozirovaniya ekonomiki Ukrainyi po razlichnyim stsenariyam ee razvitiya [Complex of macroeconomic models for Ukraine's economy forecasting under the different development scenarios]. *Vestn. SevGTU. Ekonomika i finansyi*, 21, 95–100.
- Bakaev, A. A., Bondarenko, G. V., & Lebeda, G. B. (1994). Metodika sistemnogo konstruirovaniya kompleksa modeley prognozirovaniya sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Ukrainyi [Methods of system construction of the model complex for socio-economic development of Ukraine forecasting]. *Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie sotsialno-ekonomicheskikh sistem: sb. nauchn. tr. NAN Ukrainyi. In-t kibernetiki im. V. M. Glushkova*. 55–63.
- Bureeva, N. N. (2007). Mnogomernyy statisticheskiy analiz s ispolzovaniem PPP "STATISTICA". Uchebno-metodicheskiy material po programme povysheniya kvalifikatsii "Primenenie programmnykh sredstv v nauchnykh issledovaniyakh i prepodavanii matematiki i mehaniki". [Multidimensional statistical analysis with the usage of PPP Statistica]. Nizhny Novgorod.
- Voynarenko, M. P. (2013). Klastery v institutsionalnoy ekonomike: monografiya [Clusters in the institutional economy. Monography]. SPb.: ANO IPEV.
- Gavrilov, A. I. (2002). Regionalnaya ekonomika i upravlenie: ucheb. posob. dlya vuzov [Regional economy and management, study guide]. M.: YuNITI-DANA.
- Heyets', V. M., & Semynozhenko, V. P. (2006). Innovatsionni perspektivy Ukrainy: monografiya [Innovational perspectives of Ukraine. Monography]. Harkiv: Konstanta.
- Heyets', V. M. et al. (2005). Modeli i metody sotsial'no-ekonomichnoho prohozuvannya: pidruchnyk [Models and methods of socio-economic planning: textbook]. Kharkiv: "INZHEK".
- Heyets', V. M. (2008). Klastery i merezhevi struktury v ekonomitsi – tema dosyt' tsikava, ale do kintsya shche ne vyvchena [Clusters and network structures – interesting but underdeveloped topic of research]. *Ekonomist*, 10, 10–11.
- Denisov, G. A. (2011). O primenenii balansovykh modeley v upravlenii klasterami regionalnoy ekonomiki [About usage of balance models in the cluster management of the regional economy]. *Novyye tehnologii*, 2, 79–83.
- Bakayev, O. O., Bazhan, L. I., Bakayev, L. O., Bober, K. A., & Hrytsenko, V. I. (2005). Ekonomiko-matematichni modeli ekonomichnoho zrostannya, Mizhnar. nauk.-navch. tsentr inform. tekhnolohiy ta system. [Economic and mathematical models of economic development, international learning centre of informational technologies and systems]. K.: Nauk. dumka.
- Voynarenko, M. P. (2014). Klastery v ekonomitsi Ukrainy: Monografiya [Clusters in the Ukrainian economy: monography]. Khmel'nyts'ky: KhNU, FOP Mel'nyk A. A.
- Mamonova, V. V. (2010). Klastery yak instrument regional'noho rozvytku: materialy nauko-vo-praktychnoho seminaru [Clusters as instrument of regional development: materials of science-practical seminar]. Kh.: KharRI NADU.
- Romashko, S. M., Savras, I. Z., Selivestov, R. H., & Yurynets', R. V. (2013). Modelyuvannya sotsial'no-ekonomichnoho rozvytku terytoriy: nauk.-metod. Rozrobka [Modelling of regional socio-economic development: science-methodological reading]. K.: NADU.
- Odintsova, L. A. (2007). Planirovanie na predpriyatii: Uchebnik dlya vuzov [Enterprise planning: textbook for universities]. M.: Akademiya, 272 p.
- Porter, M. E. (2005). Konkurentsiya [Competitiveness]. Izdatelskiy dom «Vilyams».
- Putilov, V. A., & Gorohov, A. V. (2002). Sistemnaya dinamika regionalnogo razvitiya : monografiya [System dynamics of the regional development: monography]. Murmansk: NITs «Pazori».
- Rayzberg, B. A., Lozovskiy, L. Sh., & Starodubtseva, E. B. (2007). Sovremennyy ekonomicheskii slovar [Contemporary economics vocabulary]. M.: INFRA-M.
- Tshay, S. M. (1991). Zadachi kalendarnogo planirovaniya na seti slozhnoy struktury [Problems of the calendar planning on the network of complex structure]. Novosibirsk: NTU Novosibirsk.
- Ponomarenko, V. S., Kizimiy, N. A., & Klebanovoy, T. S. (2009). Sovremennyye problemy modelirovaniya sotsialno-ekonomicheskikh sistem. Kolektivna monografiya [Contemporary problems of socio-economic systems modeling. Collective monography]. K., M.: FLP Aleksandrova K. M.: ID «INZHEK».
- Sukhorukov, A. I., & Kharazhshvili, Yu. M. (2012). Modelyuvannya ta prohozuvannya sotsial'no-ekonomichnoho rozvytku rehioniv Ukrainy: monografiya [Modeling and forecasting of the socio-economic development of Ukraine's regions]. K.: NISD.
- Tarasjuk, H. M., Shvab, L. I. (2005). Planuvannya diyal'nosti pidpryyemstva: Navch. Posib [Planning in the enterprise activity]. K.: Karavela.
- Yanenkova, I. H. (2013). Orhanizatsiynnyy resurs innovatsiynnoho rozvytku ekonomiky [Organizational resource of the economic development]. Doctoral thesis abstract. Kyiv.
- Kriesel, D. (2007). A brief introduction to neural Networks. No official publisher. Retrieved from <http://www.dkriesel.com>.
- Mirkin, B. (1996). Mathematical Classification and Clustering, Dordrecht. Kluwer Academic Publishers.
- Graupe, D. (2013). Principles of artificial neural networks. Singapore: World Scientific.
- Porter, M. E. (1990). The Competitive Advantage of Nations. New York: The Free Press.

Pyrogov D.

## METHODS FOR REGIONAL CLUSTER ECONOMIC SYSTEMS MODELLING COMPARISON

*Political and economic crises create a new unstable situation for regional development of the country. The region is the basic macroeconomic structure that influences the country's prosperity. We suggest an effective method of regional development based on cluster structures and identify the main approaches for modeling of such structures analyzed and the optimal one.*

**Keywords:** region, cluster, modelling, economic system, cluster structure.

Матеріал надійшов 31.03.2016