

# РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ КЛАСИФІКАЦІЇ КРАЇН ЄС ЗА СТАНОМ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОГО СЕКТОРА

©2025 ОРЕХОВА Т. Є., ЧАГОВЕЦЬ Л. О., ЧАГОВЕЦЬ В. В.

УДК 004.94  
JEL: C38; N60; R11

## Орехова Т. Є., Чаговец Л. О., Чаговец В. В. Розробка моделей класифікації країн ЄС за станом розвитку будівельного сектора

У статті проведено оцінювання стану розвитку будівельного сектора країн Європейського Союзу за 2022–2024 роки із застосуванням методів кластерного аналізу та виокремлення країн із подібними характеристиками, що дозволило визначити поточний стан розвитку та виявити основні відмінності між кластерами. Реалізацію моделей було здійснено в програмному середовищі RStudio. За результатами побудованої моделі здійснено групування країн ЄС за станом розвитку будівельного сектора у три кластери. До першого кластера з високим станом розвитку будівельного сектора увійшли Іспанія, Італія, Німеччина та Франція. Для країн цього кластера ефективне управління сектором забезпечують переважно недержавні органи та професійні об'єднання будівельників. Характерним є також високий рівень впровадження інновацій та цифрових технологій, що сприяє підвищенню продуктивності, оптимізації ресурсів та розвитку «зеленого» будівництва, підтримуючи конкурентоспроможність сектора. Достатній стан розвитку будівельного сектора (другий кластер) охоплює найбільшу кількість країн ЄС. У цьому кластері спостерігаються високий рівень інвестицій, проте низькі показники продуктивності. Сектор розвивається, але потребує оптимізації продуктивності та ефективності використання ресурсів. Рекомендується впроваджувати цифрові технології та підвищувати управлінську ефективність з метою забезпечення сталого розвитку. Середній стан розвитку будівельного сектора (третій кластер) характеризується відносно низькими показниками, обмеженою інвестиційною активністю, попри високий рівень виробництва. Для таких країн важливо залучати інвестиції, підвищувати ефективність використання ресурсів і стимулювати зайнятість, а також вдосконалювати регуляторні та інституційні механізми і стимулювати модернізацію сектора, щоб уникнути ризику стагнації. Отже, для забезпечення стійкого розвитку будівельного сектора в країнах ЄС пріоритетними напрямками є: впровадження цифрових технологій, стимулювання інвестицій та підвищення продуктивності праці.

**Ключові слова:** моделювання, класифікація, сталий розвиток, країни ЄС, будівельна галузь.

**Рис.:** 11. **Табл.:** 2. **Бібл.:** 17.

**Орехова Тетяна Євгенівна** – магістрант, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця (просп. Науки, 9а, Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** [tanyaoriekhova1001@gmail.com](mailto:tanyaoriekhova1001@gmail.com)

**Чаговец Любов Олексіївна** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики і системного аналізу, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця (просп. Науки, 9а, Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** [liubov.chahovets@hneu.net](mailto:liubov.chahovets@hneu.net)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4064-9712>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/ACU-1031-2022>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195528289>

**Чаговец Віта Віталіївна** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій, кібернетики та захисту інформації, Державний біотехнологічний університет (вул. Алчевських, 44, Харків, 61002, Україна)

**E-mail:** [kit.chah@biotechuniv.edu.ua](mailto:kit.chah@biotechuniv.edu.ua)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0066-2760>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/AID-7850-2022>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=5720772989>

UDC 004.94  
JEL: C38; N60; R11

## Oriekhova T. Ye., Chagovets L. O., Chahovets V. V. Development of Classification Models of EU Countries by Construction Sector Development

The article evaluates the development status of the construction sector in European Union countries for 2022–2024 using cluster analysis methods to identify countries with similar characteristics, allowing the determination of the current state of development and highlighting the main differences between clusters. The models were implemented in the RStudio software environment. Based on the constructed model, EU countries were grouped into three clusters according to the development level of the construction sector. The first cluster, representing a high level of construction sector development, included Spain, Italy, Germany, and France. In these countries, effective management of the sector is primarily ensured by non-governmental organizations and professional associations of builders. A notable feature is also the high level of adoption of innovations and digital technologies, which contributes to increased productivity, resource optimization, and the development of green construction, supporting the sector's competitiveness. A sufficient level of development of the construction sector (the second cluster) encompasses the largest number of EU countries. This cluster exhibits a high level of investment but low productivity indicators. The sector is developing but requires optimization of productivity and resource efficiency. It is recommended to implement digital technologies and enhance management efficiency to ensure sustainable development. The average development level of the construction sector (the third cluster) is characterized by relatively low indicators and limited investment activity, despite a high level of production. For such countries, it is important to attract investment, enhance resource use efficiency, stimulate employment, improve regulatory and institutional mechanisms, and promote sector modernization to avoid the risk of stagnation. Therefore, to ensure sustainable development of the construction sector in EU countries, the priority areas are the implementation of digital technologies, investment promotion, and labor productivity improvement.

**Keywords:** modeling, classification, sustainable development, EU countries, construction sector.

**Fig.:** 11. **Tabl.:** 2. **Bibl.:** 17.

**Oriekhova Tetiana Ye.** – Master's Student, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics (9a Nauky Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** tanyaoriekhova1001@gmail.com

**Chagovets Liubov O.** – PhD (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics and System Analysis, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics (9a Nauky Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** liubov.chagovets@hneu.net

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4064-9712>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/ACU-1031-2022>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195528289>

**Chahovets Vita V.** – PhD (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technology, Cybernetics and Information Security, State Biotechnological University (44 Alchevskyykh Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

**E-mail:** kit.chah@biotechuniv.edu.ua

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0066-2760>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/AID-7850-2022>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57207772989>

Будівельний сектор посідає одне з найважливіших місць у загальній системі будь-якої економіки країни, оскільки створює інфраструктурну основу для її розвитку та визначає темпи модернізації її соціально-економічного простору. Його значущість проявляється в забезпеченні великої кількості робочих місць і підтримці сталого попиту на продукцію суміжних галузей, наприклад енергетики та машинобудування, що забезпечує мультіплікативний вплив на економіку.

На сьогоднішній день будівельний сектор країн Європейського Союзу знаходиться у стані стагнації, що значною мірою викликано впливом низки як зовнішніх, так і внутрішніх чинників. Одним із ключових чинників є зростання собівартості будівництва, спричинене підвищенням цін на сировину, будівельні матеріали та енергоносії. Це стримує активність учасників ринку та обмежує запуск нових інвестиційних проектів.

У даному контексті особливої важливості набуває дослідження, спрямоване на оцінку й аналіз розвитку будівельного сектора країн Європейського Союзу. Результати такого аналізу мають істотне значення під час розробки загальної концепції економічного зростання та зміцнення макроекономічної стабільності [9; 10].

Питанням оцінки й аналізу розвитку сектора будівництва присвячено низку наукових досліджень. Серед провідних вітчизняних і зарубіжних учених, праці яких стосуються окресленої тематики, слід відмітити О. Є. Кононову [7], у роботах якої розглянуто теоретико-методологічні основи формування стратегій розвитку та питання оцінки ефективності функціонування сектора будівництва. Проблеми та перспективи підвищення конкурентоспроможності будівельного сектора, зокрема питання «зеленого» будівництва, розглядали М. Данилюк і М. Дмитришин [3], В. Дорошенко

[4], С. Валері та Г. Капоторті [14] та інші. Питання цифровізації будівельного сектора знайшли відображення у працях Д. Чернишева та К. Київської [11], Л. Боусфілда, С. Токболата та П. Деміана [15], В. І. Шандріка [12]; проблеми розвитку вітчизняного будівництва піднімали І. Білецький [1], Г. Возняк [2], Н. Дуляба та Р. Жишко [5], Г. Козаченко та В. Погорелов [6], О. Корепанов, Ю. Лазебник, В. Ковтун [8], О. Яковенко [13] та інші.

Велика кількість публікацій підтверджує зацікавленість науковців до означеної теми. Водночас питання розробки моделей класифікації станів розвитку для оцінки цього стану будівництва в країнах Європейського Союзу методами Data Science та машинного навчання не отримало достатнього обґрунтування з точки зору математичного моделювання, що підкреслює актуальність теми.

**Метою роботи** є розробка моделі класифікації сектора будівництва в країнах Європейського Союзу із застосуванням методів Data Science, зокрема методів навчання без учителя, яка дозволяє здійснити групування та виокремлення країн із подібними характеристиками, а також надає змогу визначити поточний стан розвитку та виявити основні відмінності між сформованими групами.

Для реалізації дослідження за результатами аналізу відкритих джерел статистичної інформації за 2022–2024 рр. було сформовано таку систему індикативних показників:

$X_1$  – додана вартість, створена будівельним сектором (млн євро);

$X_2$  – кількість зайнятого населення в будівельному секторі (тис. осіб);

$X_3$  – інвестиції у будівництво (% від ВВП);

$X_4$  – індекс обсягів виробництва у будівництві (%).

Інформаційну базу дослідження сформували статистичні дані Євростату, а реалізацію моделей здійснено в програмному середовищі RStudio. Побудова моделі класифікації виконувалась поетапно: кластеризацію здійснено окремо для кожного року, а також за просторово-динамічною вибіркою в рамках трирічного періоду 2022–2024 рр.

Загальний алгоритм побудови моделі передбачає декілька кроків.

**Крок 1.** Формування матриці вхідних ознак і препроцесинг даних.

**Крок 2.** Формування гіпотези про доцільну кількість кластерів ієрархічними методами.

**Крок 3.** Визначення та виконання кластеризації для формування груп (кластерів) об'єктів. Оцінка системи статистичних метрик стійкості, коректності та інформативності групування.

**Крок 4.** Інтерпретація та верифікація результатів.

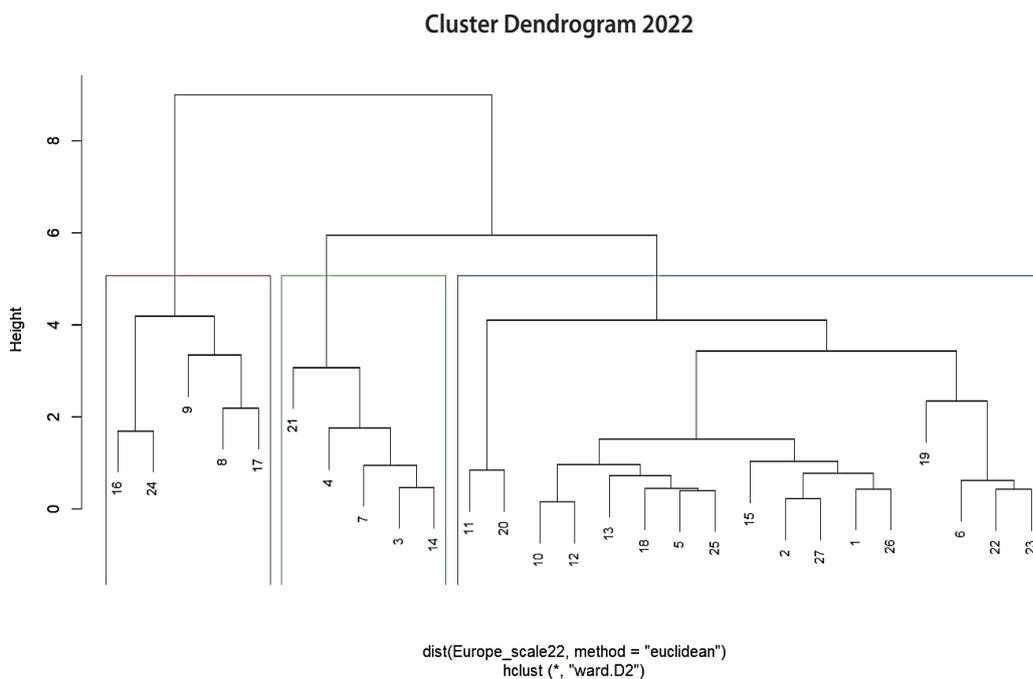
Розглянемо детальніше реалізацію наведеного алгоритму.

**Н**а першому кроці аналізу проведено стандартизацію даних, що є необхідних кроком, оскільки агломеративні та ітеративні методи кластеризації є чутливими до різниці в одиницях вимірювання показників.

Далі, на другому кроці, для визначення можливої кількості кластерів застосовано метод Уорда, і за результатами цієї класифікації побудовано дендрограму. Метод Уорда полягає в оптимізації мінімальної дисперсії всередині кластерів, разом із

цим сума квадратів відхилень, що виступає як цільова функція, мінімізується. Тобто, метод Уорда забезпечує формування кластерів, які є більш однорідними за структурою та наближеними за розміром, що підвищує якість групування та інтерпретацію отриманих результатів [16; 17]. Результат побудови дендрограми за даними вибірки для 2022 р. наведено на *рис. 1*. Як видно з рисунку, за станом розвитку будівельного сектора досліджувані країни доцільно розбити на три кластери.

**О**крім дендрограми, також на практиці достатньо часто дослідники застосовують такі методи, як метод «ліктя», GАР-статистику (статистика розриву), метод силуету, метод комплексної оцінки тощо. Тому, з метою підтвердження або спростування гіпотези щодо доцільності кількості кластерів, далі було реалізовано додаткову перевірку оптимальної кількості із застосуванням методу «ліктя» (*elbow method*). Цей метод є одним із широко застосованих підходів для визначення оптимальної кількості кластерів та автоматичних тестів, реалізованих у пакеті NbClust для RStudio, який надає можливість вибору індексів для визначення оптимальної кількості кластерів [16; 17]. Ключова ідея методу «ліктя» полягає в аналізі суми квадратів відстаней до центрів кластерів  $W_{total} = \sum_{k=1}^k W(C_k) \rightarrow \min$ , з поступовим збільшенням кількості груп (кластерів)  $k$ . Коли всі спостереження об'єднані в єдиний кластер, внутрішньогрупова дисперсія досягає максимального значення, а під час збільшення  $k$  поступово



**Рис. 1.** Дендрограма класифікації за метод Уорда для 2022 р.

Джерело: розраховано авторами.

зменшується до нуля. Точка, в якій спостерігається помітне уповільнення зниження дисперсії, відображається на графіку як «лікоть» і визначає оптимальну кількість кластерів [16].

Оцінюючи розбиття за методом «ліктя» (рис. 2), бачимо, що спуск більш пологий у факторі 3, далі спуск стає ще більш пологий, що вказує на доцільність вибору саме трьох кластерів як оптимальної кількості.

Для підтвердження гіпотези також проведено автоматичну перевірку, результати якої свідчать, що згідно з правилом більшості, оптимальна кількість кластерів дорівнює трьом. Таким чином, виходячи з аналізу методів та оцінки початкових даних, можна виокремити три групи для вихідної сукупності даних (рис. 3).

На наступному етапі проведено кластеризацію за ітеративним методом *k*-means. Визначену раніше кількість кластерів – 3, як оптимальну, використано як екзогенний параметр моделі, що дало змогу сформувати чіткі групи об'єктів, які не пере-

тинаються з подібними характеристиками стану розвитку будівельної галузі. Здобуті результати кластеризації наведено на рис. 4. На даному етапі висновки щодо розподілу країн за станом розвитку будівельного сектора ще не формуються: підсумкова оцінка результатів кластеризації буде представлена у вигляді узагальненої таблиці, яка відбиває розподіл країн за сформованими кластерами відповідно до кожного року дослідження.

Аналогічним чином було побудовано моделі групування за даними 2023 р. За результатами побудови дендрограми, представленої на рис. 5, видно, що аналізовані країни можна чітко розділити на три кластери. Також проведено перевірку оптимальної кількості кластерів за методом «ліктя» та автоматичним тестом. Результати підтверджують правильність припущення щодо виділення трьох кластерів як оптимальної кількості.

Результат реалізації кластеризації даних за методом *k*-means для 2023 р. наведено на рис. 6.

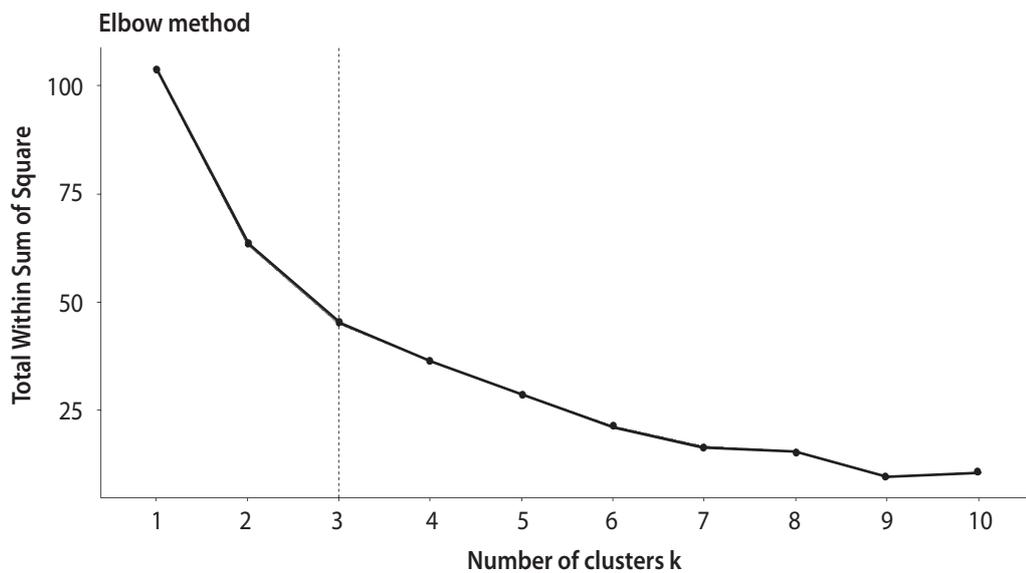


Рис. 2. Результат за методом «ліктя» для 2022 р.

Джерело: розраховано авторами.

```

*****
* Among all indices:
* 1 proposed 2 as the best number of clusters
* 11 proposed 3 as the best number of clusters
* 1 proposed 7 as the best number of clusters
* 6 proposed 8 as the best number of clusters
* 3 proposed 9 as the best number of clusters
* 1 proposed 10 as the best number of clusters

***** Conclusion *****

* According to the majority rule, the best number of clusters is 3

*****
    
```

Рис. 3. Результати за автоматичним тестом для даних 2022 р.

Джерело: розраховано авторами.

Cluster plot 2022

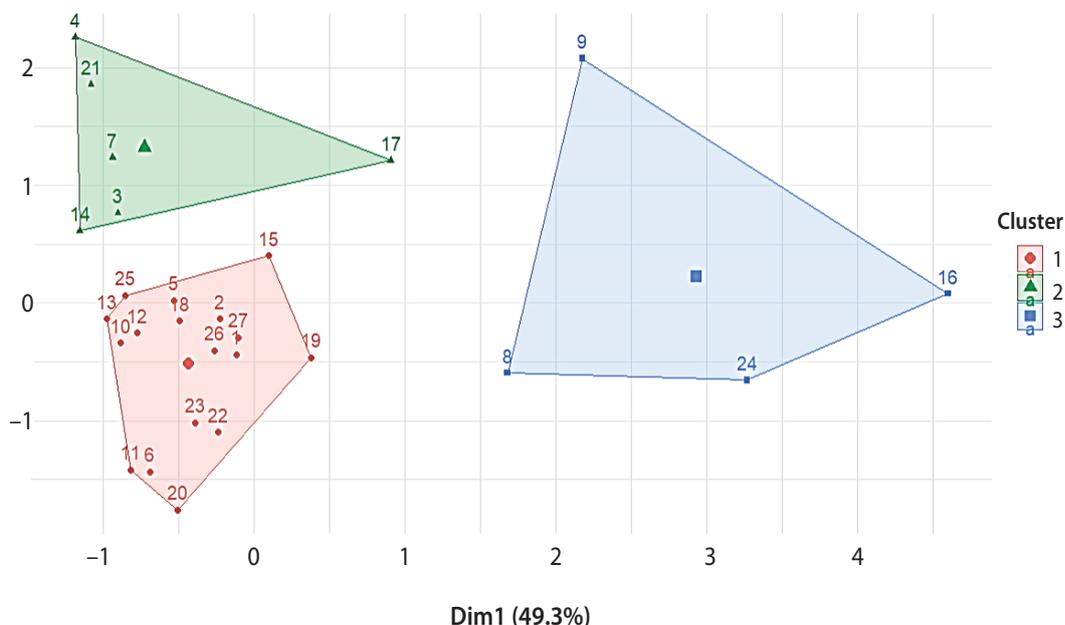


Рис. 4. Результат групування за методом k-means для 2022 р.

Джерело: розраховано авторами.

Cluster Dendrogram 2023

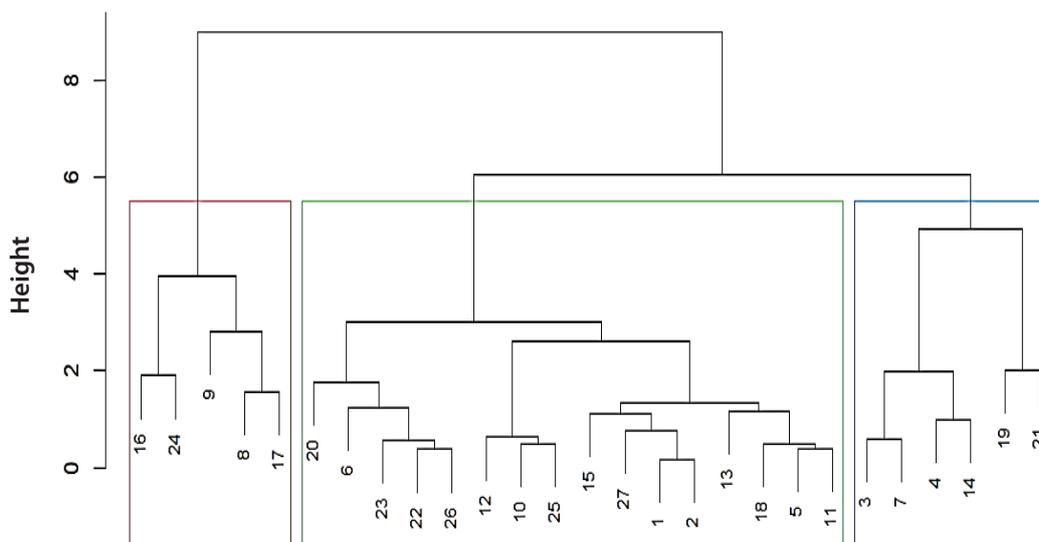


Рис. 5. Дендрограма класифікації за методом Уорда для 2023 р.

Джерело: розраховано авторами.

Для 2024 р. аналогічно побудовано модель кластеризації, початковим етапом якої є визначення кількості кластерів за допомогою дендрограми, створеної за методом Уорда (рис. 7).

Відповідно до здобутих результатів (див. рис. 7) можна дійти висновку про доцільне виокремлення трьох кластерів у вибірці. Результати за методом «ліктя» також підтверджують цю гіпотезу. Автоматичний тест також підтвердив розбиття згідно

з правилом більшості, а саме – 11 пропозицій, на користь того, що оптимальна кількість кластерів складає саме три кластери. Враховуючи ці результати, наступним кроком є остаточна кластеризація даних за методом *k-means* (рис. 8).

На передостанньому кроці розробки моделі було узагальнено результати кластеризації, які дозволили здійснити розподіл країн відповідно до трьох груп за станом розвитку будівельного сек-

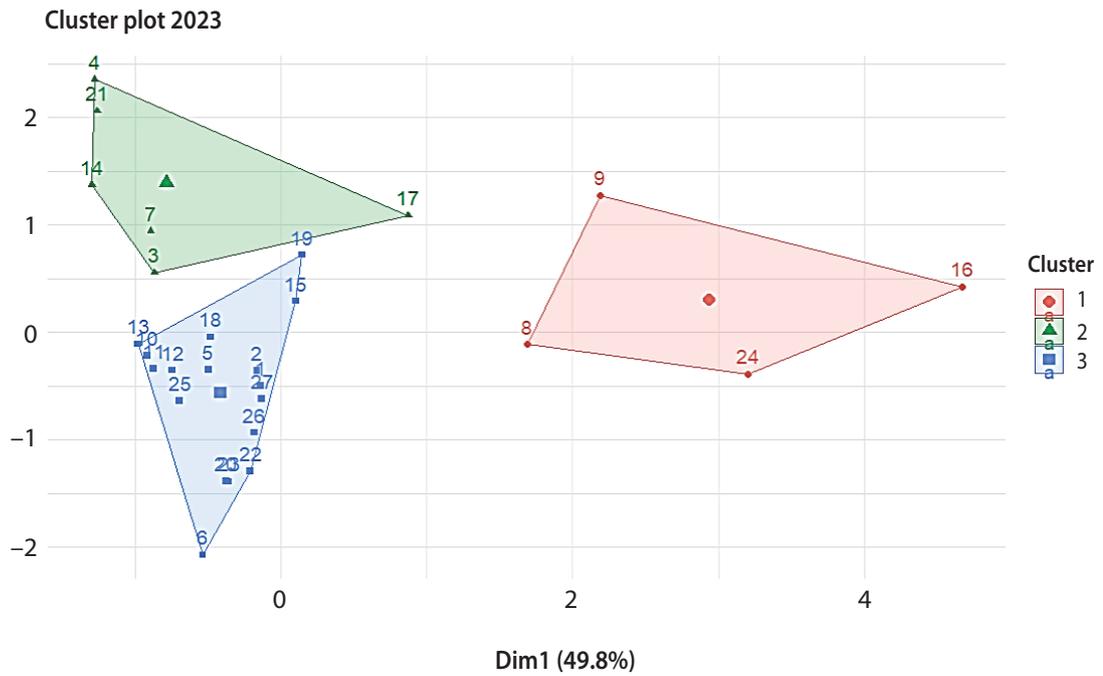


Рис. 6. Результат групування за методом k-means для 2023 р.

Джерело: розраховано авторами.

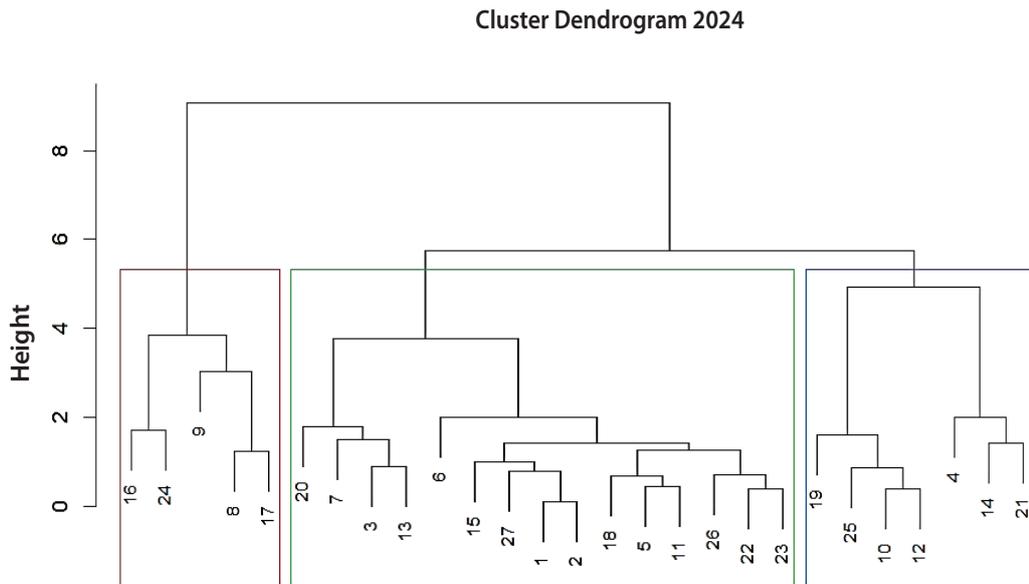


Рис. 7. Дендрограма класифікації за методом Уорда для 2024 р.

Джерело: розраховано авторами.

тора, а саме: «високий», «достатній» і «середній» (табл. 1). З табл. 1 видно, що протягом періоду дослідження відбувається стабілізація розподілу країн ЄС між кластерами. Варіативність у характеристиках спостерігається лише поодинокі, зокрема в Польщі. У 2024 році країна перейшла до кластера з високим станом розвитку сектора, що в цілому відображає реальну ситуацію та підтверджуються аналітичними оглядами [12].

З метою перевірки гіпотези про сталість розподілу країн побудовано просторово-динамічну модель кластеризації за повний дослідний період 2022–2024 роки. Аналіз побудованої дендрограми, наведеної на рис. 9, дозволяє стверджувати, що досліджені країни мають сталий розподіл на 3 кластери.

За аналогією до наведених вище моделей, також реалізовано перевірку оптимальності кластерів за методом «ліктя» та автоматичним тестом. Її

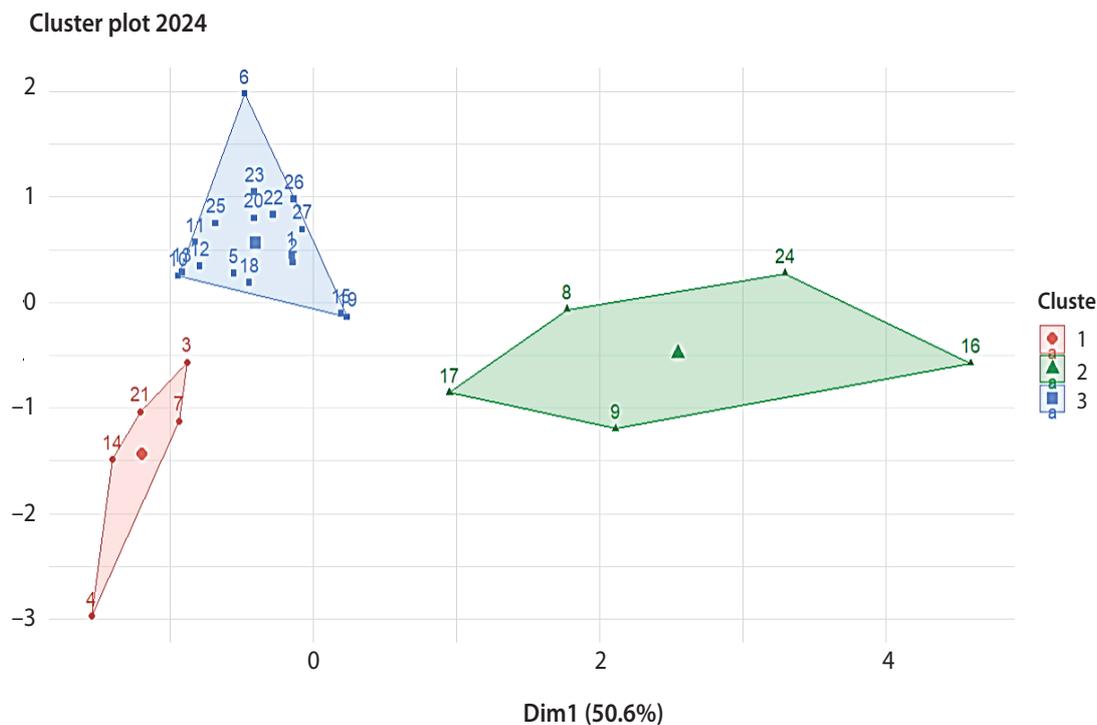


Рис. 8. Результат групування за методом k-means для 2024 р.

Джерело: розраховано авторами.

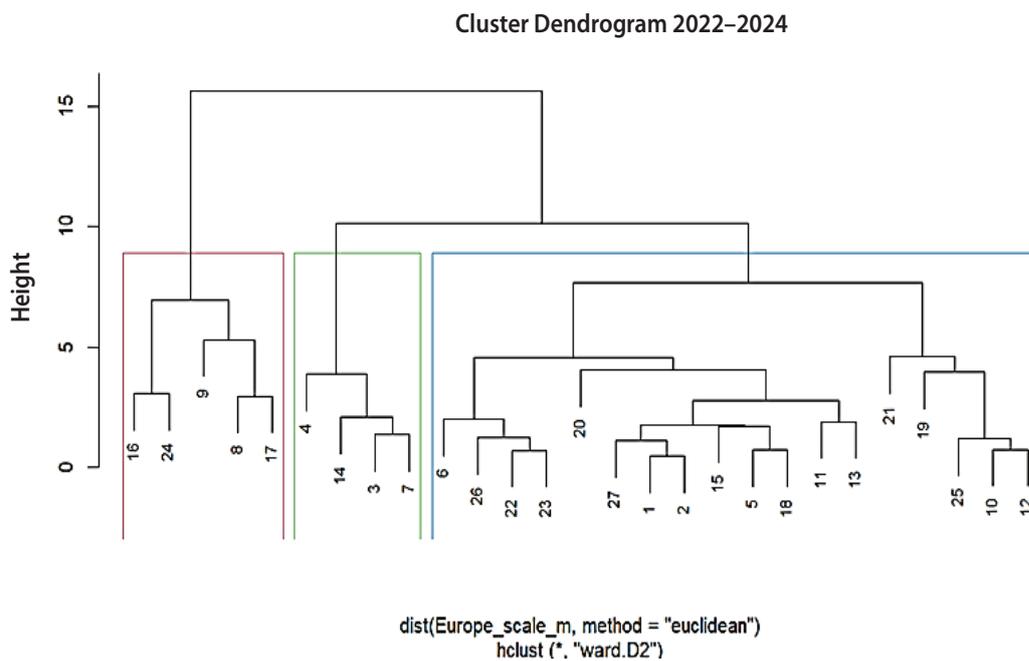


Рис. 9. Дендрограма класифікації за методом Уорда для 2022-2024 рр.

Джерело: розраховано авторами.

результати підтвердили правильність припущення щодо виділення трьох кластерів як оптимальної кількості. Отже, розбиття на три кластери, використане як екзогенний параметр для просторово-динамічної моделі, дало змогу сформувати кластери, які не перетинаються, та виокремити їх подібні характеристики (рис. 10).

Для кращого розуміння структури та характеристик кластерів розраховано описові статистики. Графік середніх значень індикативних показників за кластерами для просторово-динамічної кластеризації наведено на рис. 11.

У результаті побудови просторово-динамічної моделі групування країн ЄС за станом розвитку

## Результати групування країн ЄС за станом розвитку будівельного сектора

Країна ЄС	Рік		
	2022	2023	2024
Австрія	Достатній	Достатній	Достатній
Бельгія	Достатній	Достатній	Достатній
Болгарія	Середній	Середній	Середній
Греція	Середній	Середній	Середній
Данія	Достатній	Достатній	Достатній
Естонія	Достатній	Достатній	Достатній
Ірландія	Середній	Середній	Середній
Іспанія	Високий	Високий	Високий
Італія	Високий	Високий	Високий
Кіпр	Достатній	Достатній	Достатній
Латвія	Достатній	Достатній	Достатній
Литва	Достатній	Достатній	Достатній
Люксембург	Достатній	Достатній	Достатній
Мальта	Середній	Середній	Середній
Нідерланди	Достатній	Достатній	Достатній
Німеччина	Високий	Високий	Високий
Польща	Середній	Середній	Високий
Португалія	Достатній	Достатній	Достатній
Румунія	Достатній	Достатній	Достатній
Словаччина	Достатній	Достатній	Достатній
Словенія	Середній	Середній	Середній
Угорщина	Достатній	Достатній	Достатній
Фінляндія	Достатній	Достатній	Достатній
Франція	Високий	Високий	Високий
Хорватія	Достатній	Достатній	Достатній
Чехія	Достатній	Достатній	Достатній
Швеція	Достатній	Достатній	Достатній

сектора будівництва вдалося сформувати склад кластерів (табл. 2).

Враховуючи здобуті результати поетапного групування країн, як окремо для кожного року дослідного періоду, так і за просторово-динамічною моделлю, можна дійти висновку про стабілізацію розподілу в більшості країн ЄС між кластерами за рівнем розвитку будівельного сектора.

### ВИСНОВКИ

Таким чином, за результатами проведеного моделювання та побудови моделі класифікації стану розвитку будівельного сектора, було виявлено три групи країн: 1) з високим рівнем розвитку, що виступають лідерами будівельного сектора; 2) з достатнім рівнем розвитку; 3) із середнім рів-

нем розвитку. Кластер високого стану розвитку сектора будівництва ідентифікує країн-лідерів. Варто зазначити, що одними із основних інститутів регулювання в країнах цього кластера (Іспанія, Італія, Німеччина, Франція) виступають недержавні органи та професійні об'єднання будівельників, що забезпечують ефективне управління сектором. Характерним для цих країн є також високий рівень залучення інновацій та впровадження цифрових технологій, що сприяє підвищенню продуктивності, оптимізації ресурсів та розвитку «зеленого» будівництва, підтримуючи високий рівень конкурентоспроможності сектора.

Другий кластер поєднує країни із достатнім станом розвитку галузі будівництва й охоплює найбільшу кількість країн ЄС. У цьому кластері

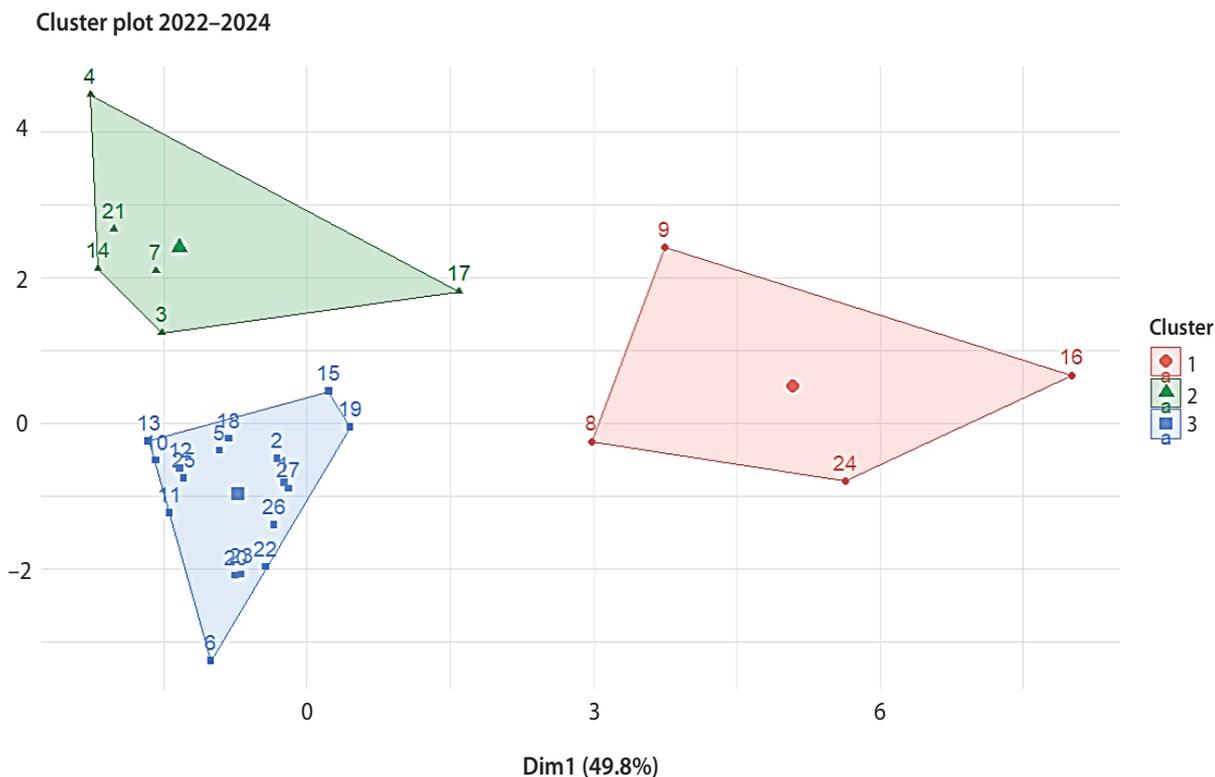


Рис. 10. Результат групування за методом k-means для 2022–2024 рр.

Джерело: розраховано авторами.

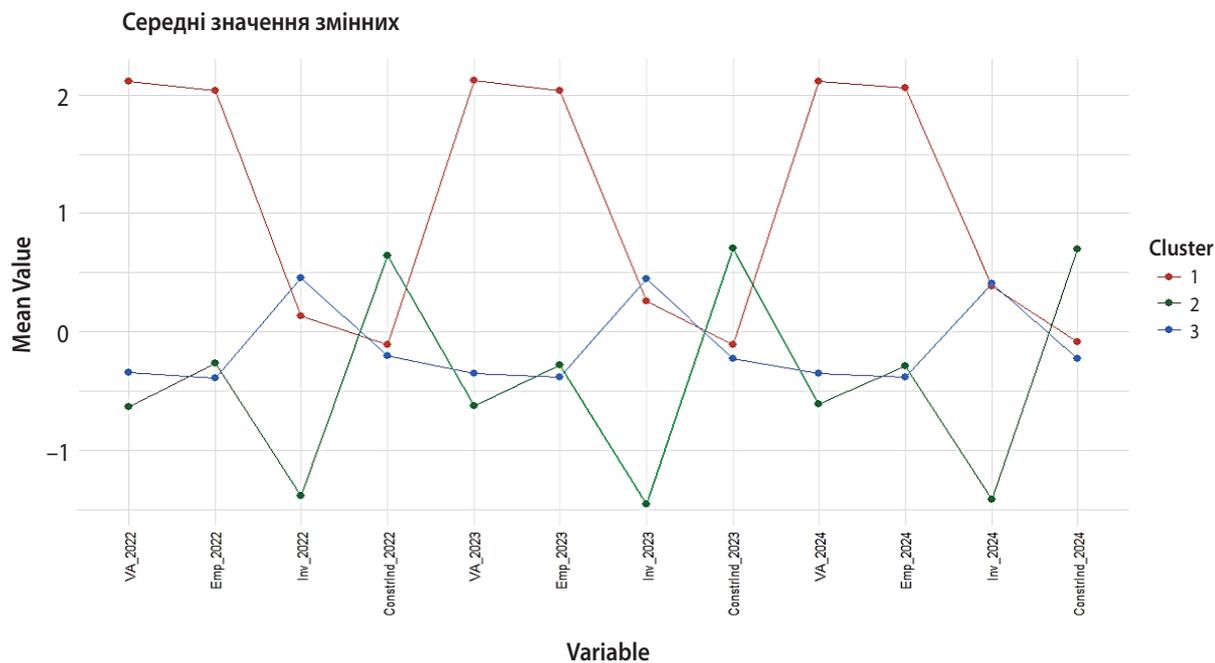


Рис. 11. Графік середніх значень

Джерело: розраховано авторами.

спостерігаються високий рівень інвестицій, проте низькі показники продуктивності. Сектор розвивається, але потребує оптимізації щодо продуктивності та ефективності використання ресурсів. Рекомендується впроваджувати цифрові техно-

логії та підвищувати управлінську ефективність – з метою забезпечення стійкого розвитку.

Кластер середнього стану розвитку сектора будівництва характеризується відносно низькими показниками, обмеженою інвестиційною активніс-

## Результати просторово-динамічного групування країн ЄС

Кластер	Кількість країн	Склад кластера
Високий стан розвитку будівельного сектора	4	Іспанія, Італія, Німеччина, Франція
Достатній стан розвитку будівельного сектора	17	Австрія, Бельгія, Данія, Естонія, Кіпр, Латвія, Литва, Люксембург, Нідерланди, Португалія, Румунія, Словаччина, Угорщина, Фінляндія, Хорватія, Чехія, Швеція
Середній стан розвитку будівельного сектора	6	Болгарія, Греція, Ірландія, Мальта, Польща, Словенія

Джерело: розраховано авторами.

тю попри високий рівень виробництва. Для таких країн важливо залучати інвестиції, підвищувати ефективність використання ресурсів і стимулювати зайнятість, а також вдосконалювати регуляторні та інституційні механізми та стимулювати модернізацію сектора, щоб уникнути ризику стагнації.

Отже, для забезпечення стійкого розвитку будівельного сектора в країнах ЄС пріоритетними напрямками залишаються впровадження цифрових технологій, стимулювання інвестицій та підвищення рівня продуктивності праці. У підсумку, проведений аналіз та результати дослідження можуть бути використані як інструмент підтримки прийняття рішень щодо вдосконалення державного регулювання будівельного сектора країн ЄС. ■

## БІБЛІОГРАФІЯ

- Білецький І. В. Ключові характеристики та структура ринку житлової нерухомості в поточних умовах. *Бізнес Інформ*. 2022. № 7. С. 149–154. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-7-149-154>
- Возняк Г. В. Сучасні механізми фінансування будівництва житла в Україні: проблеми та шляхи вирішення. *Бізнес Інформ*. 2019. № 8. С. 111–116. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-8-111-116>
- Данилюк М. М., Дмитришин М. В. Зелене будівництво у досягненні сталого регіонального розвитку. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. 2020. Вип. 16. Т. 1. С. 153–162. DOI: <https://doi.org/10.15330/apred.1.16.153-162>
- Дорошенко В. М. Теоретико-методичні підходи до визначення поняття «Зелене будівництво». *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. 2018. 2(14). С. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.15330/apred.2.14.31-38>
- Дуляба Н. І., Жишко Р. Р. Особливості розвитку конкурентного середовища в будівельній сфері. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-106>
- Козаченко Г. В., Погорелов Ю. С. Будівництво в Україні: стартові умови розвитку. *Бізнес Інформ*. 2025. № 4. С. 265–279. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-4-265-279>
- Кононова О. Є. Ефективність стратегій розвитку будівельної галузі : монографія. Херсон : Олді+, 2020. 432 с.
- Корепанов О. С., Лазебник Ю. О., Ковтун В. С. Застосування методів багатовимірної аналізу для моделювання регіонального економічного розвитку: роль будівельної галузі в умовах сучасних викликів. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Економічна»*. 2024. Вип. 107. С. 19–32. DOI: <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2024-107-02>
- Сучасні тенденції у будівництві житла у Польщі. *OKEASK*. 2024. URL: <https://okeask.com/uk/category/poleznaya-informaciya/1702905178-suchasni-tendentsiyi-u-budivnytstvi-zhytla-u-polshchi>
- Хаустова В. Є., Крячко Є. М., Бондаренко Д. В. Моделювання впливу факторів цифровізації на економічний розвиток країн світу. *Проблеми економіки*. 2024. № 2. С. 61–73. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-61-73>
- Чернишев Д. О., Київська К. І., Цюцюра С. В. та ін. Впровадження технології моделювання інформаційних об'єктів на етапах життєвого циклу. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 40. С. 140–146. DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11969076>
- Шандрік В. І. Трансформація публічного управління будівельною галуззю на засадах цифровізації: європейський та український досвід : автореф. дис. ... д-ра наук з держ. упр. : 25.00.02. Київ, 2024. 41 с. URL: <https://er.kai.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b52490c6-5188-4b8f-af1f-675042626ca3/content>
- Яковенко О. С. Особливості формування стратегічних пріоритетів розвитку будівельної галузі. *Бізнес Інформ*. 2024. № 6. С. 376–381. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-6-376-381>
- Valeri S., Capotorti G. Linking Green Infrastructure Deployment Needs and Agroecosystem Conditions

- for the Improvement of the Natura200 Network: Preliminary Investigations in Mediterranean Europe. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. Iss. 13. Art. 10191. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151310191>
15. Bousfield L., Tokbolat S., Demian P. Evaluating the current state of digitalisation of the UK construction industry. *Data-Centric Structural Health Monitoring: Mechanical, Aerospace and Complex Infrastructure Systems*. Berlin, Boston : De Gruyter, 2023. P. 237–258. URL: <https://hdl.handle.net/2134/24032136>
16. Основні поняття кластеризації та постановка задачі. URL: [https://csc.knu.ua/media/study/asp/mod\\_prob\\_inf\\_tech\\_sys\\_analysis\\_ivohin/lecture/lec11.pdf](https://csc.knu.ua/media/study/asp/mod_prob_inf_tech_sys_analysis_ivohin/lecture/lec11.pdf)
17. Clustering analysis in R, with factoextra and NbClust, 2020. URL: [https://drandrewmitchell.com/posts/2020-06-18\\_cluster-analysis-in-r/#indices-using-nbclust](https://drandrewmitchell.com/posts/2020-06-18_cluster-analysis-in-r/#indices-using-nbclust)

## REFERENCES

- Biletskyi I. V. (2022). Kliuchovi kharakterystyky ta struktura rynku zhytlovoi nerukhomosti v potochnykh umovakh [Key characteristics and structure of the residential real estate market in current conditions]. *Biznes Inform*, 7, 149–154. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-7-149-154>
- Bousfield L., Tokbolat S. & Demian P. (2023). *Evaluating the current state of digitalisation of the UK construction industry*. De Gruyter. <https://hdl.handle.net/2134/24032136>
- Chernyshev D. O., Kyivska K. I. & Tsiutsiura S. V. (2019). Vprovadzhennia tekhnologii modeliuвання informatsiinykh ob'ektiv na etapakh zhyttievoho tsykladu [Implementation of information object modeling technology at life cycle stages]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 40, 140–146. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11969076>
- Clustering analysis in R, with factoextra and NbClust (2020). [https://drandrewmitchell.com/posts/2020-06-18\\_cluster-analysis-in-r/#indices-using-nbclust](https://drandrewmitchell.com/posts/2020-06-18_cluster-analysis-in-r/#indices-using-nbclust)
- Danyliuk M. M. & Dmytryshyn M. V. (2020). Zelene budivnytstvo u dosiahnenni staloho rehionalnoho rozvytku [Green building in achieving sustainable regional development]. *Aktualni problemy rozvytku ekonomiky rehionu*, 16(1), 153–162. <https://doi.org/10.15330/apred.1.16.153-162>
- Doroshenko V. M. (2018). Teoretyko-metodychni pidkhody do vyznachennia poniattia «Zelene budivnytstvo» [Theoretical and methodological approaches to defining the concept of "Green Building"]. *Aktualni problemy rozvytku ekonomiky rehionu*, 14(2), 31–38. <https://doi.org/10.15330/apred.2.14.31-38>
- Duliaba N. I. & Zhyshko R. R. (2024). Osoblyvosti rozvytku konkurentnoho seredovyschcha v budivnelnii sferi [Features of competitive environment development in the construction sector]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 68. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-106>
- Khaustova V. Ye., Kriachko Ye. M. & Bondarenko D. V. (2024). Modeliuвання vplyvu faktoriv tsyfrovizatsii na ekonomichniy rozvytok krain svitu [Modeling the impact of digitalization factors on the economic development of countries worldwide]. *Problemy ekonomiky*, 2, 61–73. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-61-73>
- Kononova O. Ye. (2020). *Efektivnist stratehii rozvytku budivnelnoi haluzi: monohrafiia* [Effectiveness of construction industry development strategies: monograph]. Oldi+.
- Korepanov O. S., Lazebnyk Yu. O. & Kovtun V. S. (2024). Zastosuvannia metodiv bahatovymirnoho analizu dlia modeliuвання rehionalnoho ekonomichnoho rozvytku: rol budivnelnoi haluzi v umovakh suchasnykh vyklykiv [Application of multidimensional analysis methods for modeling regional economic development: the role of the construction industry in the face of modern challenges]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya «Ekonomichna»*, 107, 19–32. <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2024-107-02>
- Kozachenko H. V. & Pohorelov Yu. S. (2025). Budivnytstvo v Ukraini: startovi umovy rozvytku [Construction in Ukraine: starting conditions for development]. *Biznes Inform*, 4, 265–279. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-4-265-279>
- OKEASK. (2024). *Suchasni tendentsii u budivnytstvi zhytla u Polshchi* [Modern trends in housing construction in Poland]. <https://okeask.com/uk/category/poleznaya-informaciya/1702905178-suchasni-tendentsiyi-u-budivnytstvi-zhytla-u-polshchi>
- Osnovni poniattia klasteryzatsii ta postanovka zadachi [Basic concepts of clustering and task formulation]. [https://csc.knu.ua/media/study/asp/mod\\_prob\\_inf\\_tech\\_sys\\_analysis\\_ivohin/lecture/lec11.pdf](https://csc.knu.ua/media/study/asp/mod_prob_inf_tech_sys_analysis_ivohin/lecture/lec11.pdf)
- Shandrik V. I. (2024). *Transformatsiia publichnoho upravlinnia budivnelnoiu haluziu na zasadakh tsyfrovizatsii: yevropeyskyi ta ukraïnskyi dosvid*: avtoref. dys. ... d-ra nauk z derzh. upr.: 25.00.02 [Transformation of public management of the construction industry on the basis of digitalization: European and Ukrainian experience: abstract of thesis]. Kyiv. <https://er.kai.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b52490c6-5188-4b8f-af1f-675042626ca3/content>
- Valeri S. & Capotorti G. (2023). Linking Green Infrastructure Deployment Needs and Agroecosystem Conditions for the Improvement of the Natura200 Network: Preliminary Investigations in Mediterranean Europe. *Sustainability*, 13(15), 10191. <https://doi.org/10.3390/su151310191>
- Vozniak H. V. (2019). Suchasni mekhanizmy finansuvannia budivnytstva zhytla v Ukraini: problemy ta shliakhy vyrishennia [Modern mechanisms of housing construction financing in Ukraine: problems and solutions]. *Biznes Inform*, 8, 111–116. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-8-111-116>
- Yakovenko O. S. (2024). Osoblyvosti formuvannia stratehichnykh priorytetiv rozvytku budivnelnoi haluzi [Features of forming strategic priorities for the construction industry development]. *Biznes Inform*, 6, 376–381. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-6-376-381>

Стаття надійшла до редакції / Received: 29.11.2025.

Статтю прийнято до публікації / Accepted: 14.12.2025.