

УДК 69:004(477:4-672EU)

DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.212.359-366>**Дьомін І.В.**

Український державний університет науки і технологій

Dyomin Igor

Ukrainian State University of Science and Technologies

<https://orcid.org/0009-0009-2134-9176>**Морозова С.А.**

кандидат економічних наук

Український державний університет науки і технологій

Morozova Svitlana

PhD in Economic Sc.

Ukrainian State University of Science and Technologies

<https://orcid.org/0000-0002-0118-3502>

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ВИМІР ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ БУДІВЕЛЬНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ: ОЦІНКА ВІДНОСНИХ ПОЗИЦІЙ СЕРЕД КРАЇН ЄС

В статті окреслено проблему цифровізації будівництва в Україні в умовах європейської інтеграції та викликів повоєнного відновлення. Наголошено на особливій ролі цифрової зрілості галузі задля ефективної реалізації масштабних інфраструктурних і відбудовчих проєктів. Автори підкреслюють, що Україна потребує адаптації національних механізмів цифрового розвитку будівництва до європейських стандартів, практик та індикаторів оцінювання. В цих умовах особливої наукової значущості набуває необхідність оцінки відносних позицій України серед країн ЄС за показниками цифровізації будівельного сектору. Для з'ясування відносної позиції будівельного сектору України порівняно з країнами – членами ЄС з точки зору досягненого рівня цифровізації галузі, в дослідженні проведено групування 28 країн (27 країн ЄС + Україна) щодо цифрових змін будівельного сектору. В статті обґрунтовано перелік показників для порівняння (доступних та співвимірних як для країн ЄС, так і для України). Зазначено, що цифровізація будівельної галузі з точки зору її оцінювання є доволі складним процесом та мусить охоплювати виміри державного регулювання, галузевих цифрових трансформацій, а також аналіз внутрішніх процесів цифровізації бізнес-процесів. Натомість реальна практика наявності співвимірних показників, отриманих за схожою методологією, доступних в однакових періодах часу суттєво звужує коло доступних та релевантних індикаторів для всіх країн ЄС та України. Автори запропонували свій перелік таких показників та за допомогою кластерного аналізу отримали групи країн за ступенем розвинутості в них процесів цифрових трансформацій. В якості міри близькості в кластерному аналізі використано евклідову відстань, що дозволило сформувати максимально гомогенні чотири кластери країн. Автори дають порівняльну характеристику відмінних рис кластерів та аналізують дані матриці мір відстаней як кількісного критерію оцінки ступеня відокремленості (диференціації) та близькості (конвергенції) виділених груп країн. Доведено, що проведене групування країн та визначення відносної позиції будівельного сектору України в координатах цифрових змін є економічно та математично обґрунтованими, виваженими та достовірними для подальшого аналізу, яким автори вважають оцінку впливів факторів цифровізації будівництва на галузеву продуктивність та суспільну ефективність.

Ключові слова: цифровізація; цифрові трансформації; будівельний сектор; кластерний аналіз; Україна; країни ЄС; показники цифровізації будівництва; евклідова відстань; гомогенні групи країн

THE EUROPEAN DIMENSION OF DIGITAL TRANSFORMATIONS IN UKRAINE'S CONSTRUCTION SECTOR: ASSESSING RELATIVE POSITIONS AMONG EU COUNTRIES

The article outlines the problem of construction digitalization in Ukraine within the context of European integration and the challenges of post-war reconstruction. Particular emphasis is placed on the critical role of the sector's digital maturity in ensuring the effective implementation of large-scale infrastructure and reconstruction projects. The authors

ISSN друкованої версії: 2224-6282

ISSN електронної версії: 2224-6290

© Дьомін І.В., Морозова С.А., 2026

stress that Ukraine requires the adaptation of national mechanisms for the digital development of the construction sector to European standards, practices, and assessment indicators. Under these conditions, the need to evaluate Ukraine's relative position among EU countries in terms of construction sector digitalization acquires particular scientific significance. In order to determine the relative position of Ukraine's construction sector compared to EU Member States in terms of the achieved level of digitalization, the study performs a grouping of 28 countries (the 27 EU Member States and Ukraine) according to the digital transformations of the construction sector. The article substantiates a system of indicators for comparison that are available and comparable both for EU countries and for Ukraine. It is emphasized that assessing the digitalization of the construction industry is a highly complex process that should encompass the dimensions of public regulation, sectoral digital transformations, and the analysis of internal business process digitalization. At the same time, the practical availability of comparable indicators obtained using similar methodologies and available for identical time periods substantially narrows the range of relevant indicators applicable to both EU countries and Ukraine.

The authors propose their own system of such indicators and, through cluster analysis, identify groups of countries according to the degree of development of digital transformation processes in construction. Euclidean distance was used as the proximity measure in the cluster analysis, which made it possible to form four homogeneous clusters/ The authors provide a comparative characterization of the distinguishing features of the clusters and analyze the distance matrix data as a quantitative criterion for assessing the degree of separation (differentiation) and proximity (convergence) among the identified groups of countries.

It has been proven that the conducted grouping of countries and the determination of the relative position of Ukraine's construction sector within the framework of digital transformations are economically and mathematically substantiated, methodologically sound, and reliable for further analysis, which the authors associate with assessing the impact of construction digitalization factors on sectoral productivity and social efficiency.

Keywords: digitalization; digital transformations; construction sector; cluster analysis; Ukraine; EU countries; construction digitalization indicators; Euclidean distance; homogeneous groups of countries.

JEL Classification: C38, C49, L74, F15.

Постановка проблеми. Цифрова трансформація будівельного сектору є одним із ключових пріоритетів економічної політики Європейського Союзу в межах реалізації як Європейського зеленого курсу (European Green Deal), так і стратегії Цифрового десятиліття ЄС-2030. Європейський будівельний сектор дедалі активніше впроваджує технології BIM, штучного інтелекту, цифрових платформ управління проектами, IoT та автоматизованих систем моніторингу, що суттєво впливає на продуктивність, енергоефективність і конкурентоспроможність галузі.

Для України проблема цифровізації будівництва набуває особливої ваги в умовах європейської інтеграції та викликів повоєнного відновлення, оскільки ефективність реалізації масштабних інфраструктурних і відбудовчих проєктів значною мірою залежить від рівня цифрової зрілості галузі. Водночас Україна потребує адаптації національних механізмів цифрового розвитку будівництва до європейських стандартів, практик та індикаторів оцінювання. В цих умовах особливої наукової значущості набуває необхідність оцінки відносних позицій України серед країн ЄС за показниками цифровізації будівельного сектору, що дозволяє не тільки виявити структурні міжкраїнові диспропорції в цьому аспекті, але й визначити конкурентні переваги вітчизняної будівельної галузі серед різних країн ЄС відповідно особливостей цифрових змін в будівельному секторі, а також сформулювати обґрунтовані напрями стратегії подальших цифрових трансформацій будівельного сектору України. Крім того, порівняльний аналіз із країнами ЄС створює підґрунтя для розробки сценаріїв цифрової модернізації будівельного сектору України відповідно до європейських трансформаційних трендів і вимог сталого розвитку. Саме тому

дана наукова проблема є актуальною та своєчасною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематика цифрових змін будівельного сектору, від технологічних особливостей до соціально-економічних ефектів та механізмів державної політики стимулювання цифрових трансформацій в галузі в останні роки активно обговорюється в наукових публікаціях вітчизняних та іноземних науковців, серед яких: Марченко О.І., Коляденко Р.С. [1], Дубінін Д.В. [2], Бондаренко Д.В., Калашнікова К.Ю. [3], Баджекарі А. [4], Улла Р., Харрінгтон Дж., Фареа А., Отремба М., Керррол С. [5], Яцкевич І.В., Станкевич І.В. [6], Андрухов, В.М., Потеха, А.С., Басистий, В.О. [8], Левченко О., Михайленко А., Череватий А. [9], Колодка І.С., Воскресенська Т.І. [10], Бреус С., Балимов О. [13], Петросян А. Р., Петросян Р. В., Колос К. Р. [14] та інші. Слід зазначити, що існуючі дослідження переважно фокусуються або на загальних аспектах цифрової економіки, або на окремих технологічних рішеннях у будівництві, тоді як системний порівняльний аналіз цифрової зрілості будівельного сектору України та країн ЄС практично відсутній. Невирішеним також залишається питання адаптації європейських підходів, індикаторів та методик оцінювання цифровізації будівництва до українських умов.

Мета статті полягає у розробці методологічних основ оцінки відносної позиції будівельного сектору України в спільному європейському вимірі цифрових галузевих трансформацій та проведення такої оцінки.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі використані наступні методи дослідження: порівняльний метод використаний в ході порівняння статистичної інформації в ЄС та Україні щодо цифрових трансформацій в будівництві; метод

аналізу та синтезу – для виявлення основних вимірів цифровізації будівельної галузі та обґрунтування відповідної інтегрованої системи оцінювання; метод узагальнення – для характеристики основних спільних та відмінних рис оцінки цифровізації будівельного сектору в ЄС та Україні; кластерний аналіз (ієрархічний кластерний аналіз із застосуванням методу Варда) – для виявлення кластерів країн за рівнем цифровізації будівельного сектору; визначення відносної позиції України серед країн ЄС в цілому та в межах кластеру країн; метод логічного виведення – для інтерпретації результатів кластеризації та формування висновків.

Виклад основних результатів дослідження. Європейське майбутнє України, що формується в тому числі на рівні секторів економіки, спирається на конвергенцію різного роду політик та стратегій, зокрема в сфері цифрових трансформацій. Очевидно, що для такого роду стратегії цифрової трансформації відносно конкретного будівельного сектору потрібно перш за все розуміння відносної позиції вітчизняної будівельної галузі в спільному європейському просторі цифрових трансформацій. Важливо розуміти, з якими з країн ЄС та за якими показниками цифровізації галузі Україна має найближчі позиції і відповідно які важелі в майбутньому стануть ключовими для формування стратегії цифрової трансформації будівельного сектору України.

При цьому необхідно: по-перше, обґрунтувати перелік показників для оцінки цифрових змін в будівництві (причому ці показники мають бути доступними як в європейських, так і українських статистичних/аналітичних джерелах); і по-друге, виявити особливі риси груп країн, що будуть отримані в результаті застосування певного методу групування за виявленими цими показниками. Наукову обґрунтованість вихідних даних та техніки позиціонування будівельного сектору України в єдиному європейському просторі цифровізації будівництва нами пропонується спирати на такий методичний підхід: 1) обґрунтування переліку показників для аналізу (доступних та співвимірних як для країн ЄС, так і для України); 2) визначення методу групування країн за рівнем цифровізації будівельної галузі; 3) інтерпретація результатів групування країн.

Слід зазначити, що цифровізація будівельної галузі з точки зору її оцінювання є доволі складним процесом, оскільки вона охоплює як виміри державного регулювання (e-government, підтримку розвитку ІТ-галузей, формування відповідного людського капіталу тощо), так і аналіз внутрішніх процесів цифровізації бізнес-процесів, в тому числі цифрові технології в будівництві (технології BIM, інтернету речей IoT, використання інструментів штучного інтелекту, 3-D друк тощо).

Показники галузевої цифровізації відповідно найбільш доречно збирати та аналізувати на всіх рівнях: державному, галузевому та корпоративному. Так, цифрові трансформації державного регулювання та адміністрування будівельної галузі можна було би оцінювати через:

1) рівень надання електронних послуг, за

допомогою таких показників як: частка дозволів на будівництво, виданих через онлайн-платформи (наприклад, для України — через портали «Дія» та ЄДЕССБ);

2) ступінь автоматизації перевірок, за допомогою показнику: відсоток документів, що проходять автоматичний скринінг без участі чиновника;

3) відкритість даних, що може бути виміряна показником кількості та якості реєстрів (будівель, адрес, сертифікованих осіб), які доступні через програмний інтерфейс прикладних програм/ застосунків, API.

В свою чергу, цифрові виміри технологічного оснащення (галузевий рівень) для будівельного сектору доцільно вимірювати за напрямками:

1) впровадження BIM (Building information modeling): частка проектів, виконаних із використанням BIM-моделей розвинутих рівнів (рівні Level 2 та Level 3);

2) використання хмарних технологій: як відсоток компаній, що використовують хмари для спільної роботи над проектами;

3) інтеграція передових технологій: рівень використання дронів для геодезії, IoT-сенсорів на об'єктах, 3D-друку, цифрових двійників будівель тощо.

Цифрову інтенсивність бізнесу можна оцінити за допомогою індикаторів на кшталт:

1) показнику цифрової інтенсивності (DII): як частку будівельних МСП (малих та середніх підприємств), які використовують декілька цифрових технологій одночасно;

2) індикатору наявності ІТ-спеціалістів: частка персоналу з цифровими компетенціями в штаті будівельних компаній.

На жаль, більшість з описаних підходів та вимірів залишаються лише на рівні методичних напрацювань та ще не впроваджені в практику збору статистичних/аналітичних даних не тільки в Україні, але й в ЄС.

При цьому слід брати до уваги суттєві розбіжності навіть у методологічних підходах та показниках оцінки цифровізації в ЄС та України, які стосуються як вимірювання загального рівня розвитку цифрової економіки, так і галузевого аспекту цих оцінок. Так, в ЄС використовується комплексний методологічний підхід оцінки цифровізації, що базується на моніторингу досягнення Цифрових цілей до 2030 року, визначених у програмі «Цифровий компас» (Digital Compass). Якщо брати секторальний рівень, для оцінки цифрових трансформацій в будівництві в ЄС найчастіше використовуються наступні комплексні методи:

1. DESI (Digital Economy and Society Index) [15]: Хоча це загальний індекс, який описує цифровізацію економіки в цілому, він включає підкатегорію «Інтеграція цифрових технологій підприємствами», де будівельний сектор по деяких показниках аналізується окремо.

2. European Construction Sector Observatory (ECSO), починаючи з 2025 року - European Construction Observatory (ECO) [16; 17]- представляє собою спеціалізовану методологію, яка оцінює цифровізацію будівництва аналізуючи порід з іншим, інвестиції в R&D та проникнення BIM в будівництві, а також екологізацію

будівництва, з фокусом на так звані «twin transition» (green + digital – симбіоз екологічних та цифрових цілей розвитку будівництва)

3. Рівні зрілості BIM (BIM Maturity Levels): оцінка зрілості ринку за стандартами ISO 19650 (від «паперового» проектування до повної інтеграції даних); це система оцінки того, наскільки ефективно, узгоджено та технологічно використовуються інформаційні моделі будівель протягом життєвого циклу проекту.

Що стосується України, певну, але досить неповну оцінку цифрової трансформації будівельного сектору можна отримати через доступ до таких даних як:

1. Індекс цифрової трансформації громад: оцінка цифровізації на місцях (у т.ч. видача містобудівних умов) [18]

2. Результати моніторингу Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ) як джерела оцінки прозорості та швидкості реєстрації об'єктів

у Єдиній державній електронній системі у сфері будівництва.

3. Опитування бізнесу щодо оцінки готовності забудовників до переходу на «обов'язкове BIM» (відповідно до урядових дорожніх карт).

Не дивлячись на наявність однакових рівнів отримання оціночних даних щодо цифровізації будівельного сектору (статистичні дані; аналітичні звіти; дослідження ринку), що демонструє табл. 1, можна говорити про суттєві розбіжності щодо методики та індексів оцінки, що суттєво ускладнює отримання релевантних співвимірних показників для ЄС та України для проведення порівняльного аналізу та позиціонування будівельного сектору України в європейських вимірах діджиталізації будівництва. Виключення складає хіба що офіційна уніфікація показників DESI в Україні у 2023 році [20].

Таблиця 1

Основні рівні отримання оціночних даних щодо цифровізації будівельного сектору в ЄС та Україні

Рівень отримання оціночних даних	Джерела в ЄС	Джерела в Україні
Статистичні дані	Eurostat (розділ Digital economy & ICT usage); DESI Reports	Держстат (обмежено); Мінцифри (звіти про цифрову трансформацію).
Аналітичні звіти	ECSO (Analytical Reports on Digitalisation); ECO (Analytical Reports); European BIM Observatory	Індекс цифрової трансформації громад (Мінцифри); Звіти Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва ЄДЕССБ
Дослідження ринку	Звіти консалтингових компаній (Deloitte, McKinsey); RICS Construction Monitor	Дослідження КБУ (Конфедерація будівельників України); Опитування професійних спільнот

Джерело: побудовано авторами на основі [3; 4; 7; 10; 11; 15; 17; 18; 19]

Узагальнюючи основні спільні та відмінні риси підходів до оцінки цифровізації будівельного сектору в ЄС та Україні, зазначимо, що в ЄС фокус зміщений на екологічність та енергоефективність через цифровізацію, а головний акцент – на інтеграцію даних між усіма учасниками ланцюга створення будівельного продукту. Що ж стосується України, тут методологічно та політично акцент цифровізації зроблений на боротьбі з корупцією та збільшення прозорості щодо отримання дозволів на будівництво, щодо відкритих даних про будівельні об'єкти тощо. При цьому Україна випереджає деякі країни ЄС саме у частині e-government (реєстрація об'єктів онлайн), але суттєво відстає у використанні BIM та високих технологій (робототехніка, 3D-друк) безпосередньо на майданчиках.

Тому в ході дослідження для проведення групування 28-х країн (27 країн ЄС+Україна) було доведено можливість використання лише трьох таких показників, які 1) були би наявними в інформаційних джерелах як ЄС, так і України; 2) мали би абсолютний вимір (не рейтинг або інше порівняльне значення); 3) відносилися би суто до ознак (показників) цифрової трансформації будівельного сектору. Це показники: використання інструментів штучного інтелекту підприємствами галузі (% від загальної кількості підприємств); впровадження BIM-технологій (% будівельних проєктів підприємств галузі); використання в будівельному виробництві технологій інтернету речей (%

будівельних проєктів підприємств галузі).

В якості емпіричного методу для ідентифікації подібних груп країн за рівнем цифрової трансформації будівництва був використаний метод кластерного аналізу, а саме ієрархічний кластерний аналіз із застосуванням методу Варда. Як міру близькості використано евклідову відстань, що найбільш успішно мінімізує внутрішньокластерну дисперсію та сформувати максимально гомогенні групи.

На основі побудованої дендрограми (рис. 1) та матриці мір відстаней (табл.2), сукупність із 28 об'єктів було розподілено на чотири стійкі кластери:

- кластер №1, названий нами «Технологічні лідери цифрової трансформації в будівництві», до якого увійшли Фінляндія, Нідерланди, Швеція, Данія;
- кластер №2 («Розвинені цифрові будівельні сектори»), до складу якого увійшли Німеччина, Ірландія, Естонія, Франція, Люксембург, Бельгія, Італія, Іспанія, Австрія;
- кластер №3 («Країни помірної цифрової трансформації будівництва»); це такі країни як Чехія, Португалія, Словенія, Польща, Литва, Мальта, Словаччина, Хорватія;
- кластер №4: («Країни з високим потенціалом цифрової адаптації будівництва»), до якого увійшли Україна, Латвія, Угорщина, Кіпр, Греція, Румунія, Болгарія.

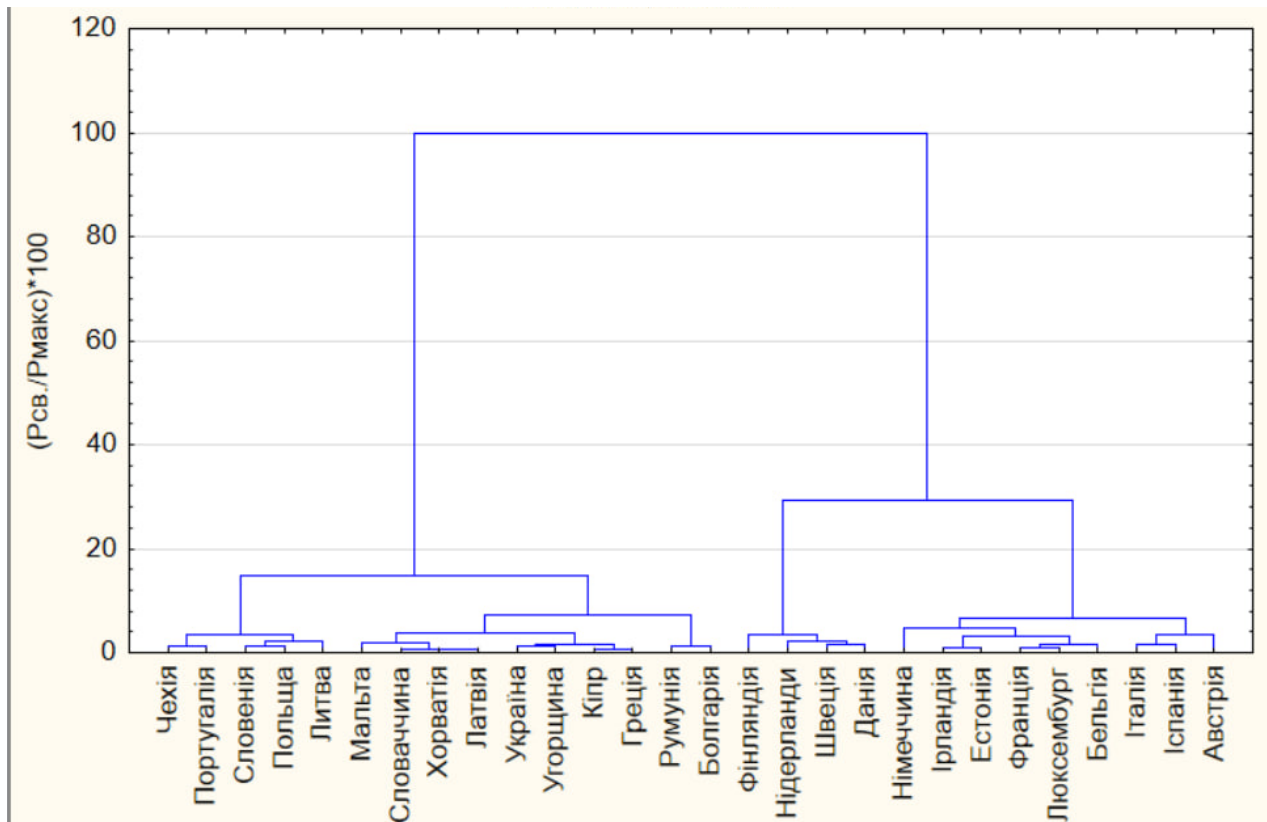


Рис. 1 Дендрограма ієрархічної кластеризації країн за рівнем цифровізації будівельної галузі (метод Варда, евклідова відстань).

Джерело: розраховано та побудовано автором у ПП Statistica 10.0

Порівняльна характеристика, в тому числі на основі більш глибокого аналізу успішності цифровізації в будівельній галузі, кластерів країн полягає в наступному. Перший кластер репрезентує країни з найвищим рівнем інтеграції цифрових технологій у будівництво. Відбувається це за рахунок високих показників впровадження ВІМ-технологій, що мотивуються та нормуються на державному рівні, високою часткою інноваційно активних підприємств та розвиненою цифровою інфраструктурою. Мінімальна відстань до Кластера №2 свідчить про їхню роль як «технологічних донорів» для більшості країн ЄС.

Другий кластер – це країни зі стабільно високим, проте дещо нижчим порівняно з лідерами, рівнем цифровізації. До цієї групи країн увійшли потужні економіки ЄС та цифрова «перлина» Європейського Союзу – Естонія. Спільним для них є активне інвестування в Smart City та автоматизацію будівельних процесів. Проте великий масштаб ринків (Німеччина, Франція) створює певну інерцію порівняно з більш «компактними» скандинавськими системами, що пояснює їх відокремлення в окремий кластер.

Група країн, що утворюють кластер №3 (Чехія, Португалія, Словенія, Польща, Литва, Мальта, Словаччина, Хорватія) демонструють наздоганяючу модель розвитку цифрових процесів в будівництві. Ці країни активно інтегрують європейські стандарти цифровізації, використовуючи грантову підтримку та структурні

фонди ЄС. Вони демонструють середній рівні готовності бізнесу до цифрових змін, водночас активно розробляють національні дорожні карти цифровізації будівельної індустрії.

Країни кластеру №4 можна охарактеризувати як країни із початковим або нерівномірним рівнем впровадження цифрових інструментів у будівництво. Включення України до цього кластеру свідчить про наявність певних структурних бар'єрів (недостатнє нормативно-правове забезпечення, фрагментарність впровадження ІТ-рішень). Згідно з матрицею відстаней (табл. 2), цей кластер має найменшу відстань до Кластера №3 ($d = 0,062$), що вказує на вектор потенційного переходу: за умови інституційних реформ та стимулювання інвестицій, країни цієї групи найшвидше можуть досягти показників країн Центральної Європи. Цей потенціал проявляється в таких тенденціях: хоча за показником IoT (14%) Латвія навіть випереджає Литву (13%), її показники ВІМ (25%) та ШІ (4%) тягнуть її «вниз» до групи з Україною (19% ВІМ) та Угорщиною (22% ВІМ). У Литви та Польщі цифровізація будівництва в аспекті застосування ВІМ вже перетнула позначку у 28–30%, що і стало своєрідною математичною «межею» між 3-м та 4-м кластерами. Латвія є «крайно-містком», яка за показниками IoT вже наближається до 3-го кластеру, але за рівнем впровадження ВІМ-технологій все ще залишається в групі з Україною та країнами Балканського регіону.

Таблиця 2

Матриця мір відстаней між виділеними кластерами

Номер кластера	Склад кластера	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
Кластер №1: «Технологічні лідери цифрової трансформації в будівництві»	Фінляндія, Нідерланди, Швеція, Данія.	0	0,15278	0,058236	0,092201
Кластер №2: «Розвинені цифрові будівельні сектори»	Німеччина, Ірландія, Естонія, Франція, Люксембург, Бельгія, Італія, Іспанія, Австрія.	0,123603	0	0,014037	0,032735
Кластер №3: «Країни помірної цифрової трансформації будівництва»	Чехія, Португалія, Словенія, Польща, Литва, Мальта, Словаччина, Хорватія.	0,241321	0,118478	0	0,003900
Кластер №4: «Країни з високим потенціалом цифрової адаптації будівництва»	Україна, Латвія, Угорщина, Кіпр, Греція, Румунія, Болгарія.	0,303646	0,180928	0,062453	0

Джерело: результат обрахунку в програмному пакеті Statistica 10.0

Слід зупинитися на методологічному обґрунтуванні використання мір відстаней, на основі яких в дослідженні країни були згруповані в кластери. У межах проведеного кластерного аналізу матриця мір відстаней виступає кількісним критерієм оцінки ступеня відокремленості (диференціації) та близькості (конвергенції) виділених груп країн.

Евклідова відстань (Euclidean distance) – дані розміщені під діагоналлю в табл.2 – розрахована за формулою як геометрична відстань між центроїдами кластерів у багатовимірному просторі 28-х змінних. Чим менше це значення, тим вищою є подібність між моделями цифровізації будівельної галузі відповідних груп країн. Використання квадратів евклідових відстаней (Squared Euclidean distances) – ці значення розміщені над діагоналлю в табл.2 – є характерним для методу Варда, оскільки цей підхід максимізує відмінності між кластерами, роблячи структуру розривів більш очевидною для статистичного аналізу.

Отримані значення матриці в таблиці 2 дозволяють зробити наступні припущення щодо архітектури цифрового ландшафту будівництва в Європі:

1. Ідентифікація зон максимальної конвергенції. Найменша відстань зафіксована між Кластером №3 та Кластером №4 ($d = 0,062453$; $d^2 = 0,003900$). Це вказує на високу статистичну спорідненість між країнами Центральної Європи та групою, до якої входить Україна. Таке низьке значення свідчить про те, що бар'єри та потенціал розвитку цих країн є схожими. Це дає підстави стверджувати, що успішний досвід цифровізації будівельної сфери країн Кластеру №3 (наприклад, Польщі чи Чехії) є найбільш релевантним для адаптації в українських реаліях.

2. Оцінка цифрового розриву. Максимальна відстань спостерігається між Кластером №1 та Кластером №4 ($d = 0,303646$; $d^2 = 0,092201$). Даний показник кількісно підтверджує існування глибокої технологічної асиметрії між країнами-лідерами цифрової трансформації будівельного сектору та «моделлю з високим потенціалом цифрової трансформації». Відстань між ними у 5 разів перевищує відстань між сусідніми

кластерами №3 та №4. Це доводить, що пряме копіювання стратегій лідерів (Данії чи Фінляндії) країнами четвертого кластера на поточному етапі було би мало-ефективним без попереднього проходження так званих «проміжних стадій цифрової зрілості».

3. Послідовність ієрархічної структури. Аналіз значень показує чітку лінійну залежність: відстань від кластера №1 послідовно зростає до кластера №2 (0,123), потім до кластеру №3 (0,241) і досягає максимуму для кластеру №4 (0,303). Така структура підтверджує правильність класифікації рівнів цифровізації від «найвищого» до «найнижчого». Кластер №2, наприклад, в цій ієрархічній структурі займає проміжне положення, виконуючи роль певного стабілізуючого ядра між лідерами цифровізації будівництва та країнами, що розвивають потенціал цифрової трансформації галузі (кластери 3 та 4).

В цілому, аналіз матриці мір відстаней підтверджує стійкість сформованої чотирикластерної моделі. Мінімальне значення евклідової відстані між третім та четвертим кластерами ($d = 0,062$) обґрунтовує доцільність формування єдиного регіонального вектора цифрової трансформації будівельного сектору для країн Центрально-Східної Європи, в тому числі і України. Водночас виявлений критичний розрив між полюсами системи ($d = 0,303$) актуалізує необхідність розробки диференційованих механізмів державного стимулювання впровадження ВІМ-технологій, враховуючи специфічну дистанцію кожного кластера до «технологічного еталона» країн-лідерів.

Висновки. Таким чином, можна стверджувати, що проведене групування країн за допомогою кластерного аналізу та оцінка його економіко-математичної достовірності є обґрунтованими, виваженими та валідними для подальшого аналізу та в сукупності надають цілий спектр важливих знань як щодо типу цифрової трансформації, її стратегічних орієнтирів та пріоритетів, так і щодо специфічних рис певних країн як «рольових моделей» успішної цифрової трансформації будівельного сектору.

В подальшому, для обґрунтування заходів

економічної політики України щодо впровадження стратегії цифрової трансформації будівництва необхідно додатково дослідити вплив даних трьох індикаторів, що використані в кластерному аналізі, на показники як суспільної, так і галузевої ефективності виробництва (наприклад, ВВП на душу населення; продуктивність праці в будівництві, інші) саме в межах тієї групи країн, які є найбільш близькими до України за рівнем цифровізації будівельного сектору (тобто в

межах країн 4-го кластеру). Отримані залежності у вигляді економіко-математичних моделей, зможуть виявити ті напрями і завдання державної економічної політики, що утворять умови для успішної імплементації стратегії цифрової трансформації будівельного сектору України.

Декларація щодо використання інструментів
III. При підготовці даної статті інструменти штучного інтелекту авторами не використовувалися.

Список використаних джерел:

1. Марченко О. І., Коляденко Р. С. Цифрова трансформація будівельного бізнесу: тенденції та перспективи. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. Вип. 4(04), С. 20–26. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.4-4>
2. Дубінін Д. В. Концепція TAM-SAM-SOM у цифровому будівництві. *Будівельне виробництво*. 2025. № 79. С. 66–71. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.79.66-71>
3. Бондаренко Д. В., Калашнікова К. Ю. Цифровізація будівельної галузі України : аналіз стану проблем та перспектив розвитку. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 65. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-2 УДК 332.012>
4. Vagekari A. *Digital Transformation On The Building And Construction. Market Analysis*. 2026. URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/digital-transformation-on-the-building-and-construction-market-report>
5. Ullah R., Harrington J., Farea A., Otreba M., Carroll S. *Digital Maturity Assessment Tools for the Construction Industry : A PRISMA-ScR Scoping Review Buildings*. 2026. Vol. 16. Iss. 1. 239. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings16010239>
6. Яцкевич І. В., Станкевич І. В. Цифрова трансформація житлового будівництва як фактор удосконалення організаційно-економічного механізму розвитку. *Наукові інновації та передові технології*. 2026. № 3(55) DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-3\(55\)-592-605](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-3(55)-592-605)
7. *Digital economy and society : database / European Commission, Eurostat*. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/database>
8. Андрухов В.М., Потеха А.С., Басістий В.О. Комплексна оцінка доцільності використання BIM технологій для будівельного проекту. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2024. № 36(1), С. 161–165. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-1-161-165>
9. Левченко, О., Михайленко, А., Череватий, А. BIM як інструмент відновлення України Сучасні проблеми архітектури та містобудування, 2025. № 72. С. 82–102. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.72.82-102>
10. Rolling Plan for ICT standardisation/Construction - building information modelling (RP2024). European Commission. 2024. URL: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/rolling-plan-ict-standardisation/construction-building-information-modelling-rp2024>
11. Digitalization & BIM Adoption in Construction: H2 2024 Report. 2024. URL: <https://www.usp-research.com/market-reports/contractor-monitor/digitalisation-and-bim-h2-2024/>
12. Колодка І. С., Воскресенська Т. І. Вплив застосування штучного інтелекту в галузі бухгалтерського обліку та аудиту на покращення фінансових результатів діяльності будівельних підприємств. *Економіка та суспільство*. 2025. Вип. 81. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-81-102>
13. Бреус С., Балімов О. Дослідження стану діджиталізації будівельної сфери України: ракурс на галузеву спеціалізацію компаній-лідерів. *Економіка та суспільство*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-81-1>
14. Петросян А. Р., Петросян Р. В., Колос К. Р. Розробка платформи віддаленого управління інфраструктурою Інтернет речей. *Технічна інженерія* 2021. №1(87). С. 73–80. DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2021-1\(87\)-73-80](https://doi.org/10.26642/ten-2021-1(87)-73-80)
15. The Digital Economy and Society Index (DESI) Електронний ресурс. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
16. European Construction Observatory (ECO). Електронний ресурс. URL: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/european-construction-observatory-eco/analytical-reports_en
17. European Construction Sector Observatory. Analytical Report. Digitalisation in the construction sector. (April 2021) URL: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/45547>
18. Національний вебпортал «Цифрова громада». URL: <https://hromada.gov.ua>
19. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. URL: <https://e-construction.gov.ua/>
20. Про затвердження переліку показників Індексу цифрової економіки та суспільства (DESI) : розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 лип. 2023 р. № 774-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/774-2023-%D1%80#Text>

References:

1. Marchenko, O.I., & Koliadenko, R.S. (2023). Tsyfrova transformatsiia budivelnoho biznesu : tendentsii ta perspektyvy [Digital transformation of the construction business : trends and prospects]. *Tsyfrova ekonomika ta*

ekonomichna bezpeka, 4(04), 20–26. <https://doi.org/10.32782/dees.4-4> [in Ukrainian].

2. Dubinin, D. V. Kontseptsiia TAM-SAM-SOM u tsyfrovomu budivnytstvi [The TAM-SAM-SOM concept in digital construction]. *Budivelne vyrobnytstvo*, 2025, (79), 66–71. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.79.66-71> [in Ukrainian].

3. Bondarenko, D. V., & Kalashnikova, K. Yu. (2024). Tsyfrovizatsiia budivelnoi haluzi Ukrainy : analiz stanu problem ta perspektyv rozvytku [Digitalization of the construction industry of Ukraine : analysis of the state of problems and development prospects]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (65). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-2> UDK 332.012 [in Ukrainian].

4. Bagekari, A. (2026). Digital transformation on the building and construction market analysis. *Cognitive Market Research*. <https://www.cognitivemarketresearch.com/digital-transformation-on-the-building-and-construction-market-report>

5. Ullah, R., Harrington, J., Farea, A., Otreba, M., & Carroll, S. (2026). Digital maturity assessment tools for the construction industry : A PRISMA-ScR scoping review. *Buildings*, 16(1), 239. <https://doi.org/10.3390/buildings16010239>

6. Yatskevych, I. V., & Stankevych, I. V. (2026). Tsyfrova transformatsiia zhytloвого budivnytstva yak faktor udoskonalennia orhanizatsiino-ekonomichnoho mekhanizmu rozvytku [Digital transformation of housing construction as a factor in improving the organizational and economic mechanism of development]. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnologii*, 3(55). [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-3\(55\)-592-605](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-3(55)-592-605) [in Ukrainian].

7. European Commission. (n.d.). Digital economy and society database. Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/database>

8. Andruhov V., Poteha A., Basisty V. (2024). Kompleksna otsinka dotsilnosti vikoristannya BIM tehnologii dlya budivel'nogo proektu. [Comprehensive Assessment of the Feasibility of Using BIM Technologies for a Construction Project] *Modern Technologies, Materials, and Structures in Construction*, 36(1), 161–165. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-1-161-165> [in Ukrainian].

9. Levchenko O., Mihaylenko A., Cherevatyi A. (2025). BIM yak instrument dslyjdktyyz Ukraini [BIM as a Tool for the Reconstruction of Ukraine] *Contemporary Problems of Architecture and Urban Planning*, (72), 82–102. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.72.82-102> [in Ukrainian].

10. European Commission. (2024). Rolling Plan for ICT standardization / Construction - building information modelling (RP2024) European Commission <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/rolling-plan-ict-standardisation/construction-building-information-modelling-rp2024>

11. Digitalization & BIM Adoption in Construction : H2 2024 Report. 2024. <https://www.usp-research.com/market-reports/contractor-monitor/digitalisation-and-bim-h2-2024/>

12. Kolodka, I., & Voskresenska, T. (2025). Vpliv zastosuvannya sztuchnogo intelektu d haluzi buhgalterskogo obliku ta auditu na pokracshennya finansovih rezultativ diyalnosti budivel'nich pidpriemstv [The Impact of Artificial Intelligence Applications in Accounting and Auditing on the Improvement of the Financial Performance of Construction Enterprises] *Economy and Society*, (81). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-81-102> [in Ukrainian].

13. Breus, S., & Balimov, O. (2025). Doslodgennya stanu didigitalizatsii budivel'noi sferi [Study of the State of Digitalization in the Construction Sector of Ukraine : A Perspective on the Industry Specialization of Leading Companies] *Economy and Society*. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-81-1>

14. Petrosyan, A., Petrosyan, R., & Kolos, K., (2021). Rozrobka pplatformi viddalenoogo upravlinnya infrastrukturoyu Internetu rechet [Development of a Remote Infrastructure Management Platform for the Internet of Things] *Technical Engineering*, 1(87), 73–80. [https://doi.org/10.26642/ten-2021-1\(87\)-73-80](https://doi.org/10.26642/ten-2021-1(87)-73-80) [in Ukrainian].

15. The Digital Economy and Society Index (DESI) Electronic resource. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>

16. European Construction Observatory (ECO). Electronic resource. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/european-construction-observatory-eco/analytical-reports_en

17. European Construction Sector Observatory. Analytical Report. Digitalisation in the construction sector (April 2021). <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/45547>

18. Ministry of Digital Transformation of Ukraine. (n.d.). National web portal "Digital Community". <https://hromada.gov.ua>

19. Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine. (n.d.). Portal of the Unified State Electronic System in the Field of Construction (Ukraine). <https://e-construction.gov.ua/>

20. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2023, July 25). Pro zatverdzhennja pereliku pokaznykiv Indeksu cyfrovoji ekonomiky ta suspil'stva (DESI) [On the approval of the list of indicators of the Digital Economy and Society Index (DESI)] (No. 774-r). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/774-2023-%D1%80#Text> [in Ukrainian].

Дата надходження статті: 07.04.2026 р.

Дата прийняття статті до друку: 28.04.2026 р.

Дата публікації (оприлюднення) статті: 14.05.2026 р.

Стаття поширюється на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License International CC-BY.