

Ботош Є.Ф.

аспірант

Заклад вищої освіти «Львівський університет бізнесу та права»

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7963-3837>

## ОЦІНЮВАННЯ ФАКТОРІВ РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ НА ОСНОВІ SMART-ТЕХНОЛОГІЙ

**Анотація.** У статті досліджено фактори, що визначають раціональність управління бізнес-процесами підприємств в умовах цифровізації економіки та впровадження SMART-технологій. Запропоновано підхід до їх ідентифікації та кількісного оцінювання на основі відкритих статистичних даних України та країн Європейського Союзу за 2021–2024 рр. Обґрунтовано використання системи індикаторів, що відображають рівень поширення цифрових технологій, інституційні умови та безпекові аспекти функціонування бізнесу. Проведено нормування показників та їх групування за функціональними блоками з подальшим розрахунком інтегрального індексу SMART-BPM. Встановлено взаємозв'язок між рівнем цифрової інтеграції, інтенсивністю використання аналітичних інструментів і результативністю діяльності підприємств. Отримані результати дозволяють оцінити динаміку цифрової зрілості та визначити напрями підвищення ефективності управління бізнес-процесами.

**Ключові слова:** SMART-технології, бізнес-процеси, цифровізація, інтегральний індекс, управління, ефективність.

**Постановка проблеми.** Сучасне функціонування підприємств відбувається в умовах стрімкого поширення цифрових технологій, що суттєво ускладнює характер бізнес-процесів і підвищує вимоги до якості управлінських рішень. Використання SMART-технологій, зокрема рішень на базі штучного інтелекту, інтернету речей, хмарних платформ та автоматизованих систем, змінює традиційні підходи до управління, орієнтуючи їх на роботу з великими масивами даних та швидке реагування на зміни зовнішнього середовища. У таких умовах раціональність управління бізнес-процесами виступає одним із визначальних чинників ефективності діяльності підприємства та його здатності адаптуватися до нових викликів.

У зв'язку з цим виникає потреба у системному дослідженні факторів, що впливають на раціональність управління бізнес-процесами в умовах використання SMART-технологій, а також у формуванні підходів до їх оцінювання. Розв'язання цієї проблеми дозволить підвищити якість управлінських рішень, забезпечити більш ефективне використання цифрових інструментів і створити основу для зміцнення конкурентних позицій підприємств у сучасному економічному середовищі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питання цифрової трансформації бізнесу та впровадження SMART-технологій активно висвітлюються у сучасних дослідженнях. У звітах Digital State UA [1; 2], дослідженні Lviv IT Cluster [7] та матеріалах Kyiv GovTech Centre [3] підкреслюються зростання ролі IT-сектору, поширення цифрових рішень і нерівномірність цифровізації підприємств в Україні. За даними European Commission [4], рівень інноваційної спроможності України поступово зростає, хоча все ще поступається середньоевропейським орієнтирам. У роботах OECD [8], Harvard Kennedy School [5] і Business Perspectives [6] цифровізація розглядається

як чинник підвищення економічної стійкості, адаптивності та інституційної спроможності в кризових умовах. Статистичні матеріали Eurostat [9; 10] та European Commission [11] підтверджують активне поширення хмарних технологій, штучного інтелекту, IoT та інших цифрових рішень у країнах ЄС і суміжних державах.

Водночас теоретико-методичні засади цифрової трансформації бізнесу та управління бізнес-процесами глибше розкрито в наукових працях. Зокрема, G. Vial [12] трактує цифрову трансформацію як процес суттєвих організаційних змін під впливом інформаційних, обчислювальних і мережевих технологій. S. Kraus, S. Durst, J. J. Ferreira, P. Veiga, N. Kailer та A. Weinmann [13] узагальнюють еволюцію підходів до цифрової трансформації в бізнесі та менеджменті. Н. Putra та М. Mahendrawathi [14] обґрунтовують роль BPM як механізму підтримки цифрових інновацій і трансформації організацій, тоді як А. F. AlMulhim [15] доводить, що вплив цифрової трансформації на результативність підприємства реалізується через використання smart technologies.

Разом із тим більшість досліджень зосереджується або на загальних тенденціях цифровізації, або на окремих технологічних напрямках. Натомість питання комплексного оцінювання факторів, що впливають на раціональність управління бізнес-процесами на основі SMART-технологій, залишаються недостатньо розробленими, що й визначає актуальність цього дослідження.

**Мета статті** – полягає в обґрунтуванні теоретико-методичних засад аналізу та оцінювання факторів, які впливають на раціональність управління бізнес-процесами підприємств на основі SMART-технологій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для досягнення мети використано порівняльний аналіз відкритих статистичних даних України та ЄС за



2021–2024 рр. на основі показників Eurostat, Держстату, Мінцифри та CERT-UA. Усі індикатори приведено до єдиної шкали, що забезпечило їхню зіставність. Це дозволило оцінити рівень цифрової зрілості підприємств, виявити зв'язок між цифровізацією та ефективністю діяльності, а також визначити ступінь наближення України до європейських стандартів.

Узагальнена структура (табл. 1) задає повну операціоналізацію двадцяти чотирьох факторів управління бізнес-процесами на основі SMART-технологій через придатні до вимірювання індикатори відкритих даних і тим самим перетворює концептуальний перелік на вимірювану систему, що узгоджується із сучасними підходами до розгляду BPM як механізму цифрової інновації та цифрової трансформації організацій [12; 14]. Логіка побудови полягає в тому, що кожен фактор закріплено за конкретною часткою охоплення підприємств або за офіційним індексом, який має щорічну динаміку за 2021–2024 рр. і узгоджене тлумачення у джерелах статистики. Для техніко-технологічного ядра використано частки користувачів хмарних послуг, ERP, IoT, AI, BI, CRM, а також показники електронної торгівлі, віддаленого доступу та структурованого електронного документообігу, що відображає рівень діджиталізації процесного контуру підприємств і наявність уніфікованих стандартів обміну даними. Для мережевої спроможності й безпеки зафіксовано питомі значення підприємств із високошвидкісними каналами та щорічні дані про інциденти кібербезпеки, які в подальших розрахунках застосовуються в інвертованому вигляді, щоби зростання показника відповідало зниженню ризику. Для інституційно-управлінського блоку передбачено індикатори, що характеризують кадрову та організаційну підготовленість до цифрових змін, зокрема частки підприємств, які наймали фахівців ІКТ і проводили навчання персоналу з цифрових компетентностей, а також індикатори, пов'язані з практиками KPI-керування та впровадженням керованих ІТ-послуг як проксі для зрілості сервісної підтримки процесів. Додано два макроіндикатори системного рівня - інноваційну спроможність та регіональний індекс цифрової трансформації - вони виконують функцію модераторів під час моделювання зв'язку між технічною діджиталізацією та результативністю процесів, дозволяючи врахувати відмінності інституційного середовища між юрисдикціями та всередині країни протягом 2021–2024 рр. [3–5; 8]. У (табл. 1) по кожній позиції зазначено базове джерело даних і часовий обрій доступності для ЄС і України, що дає змогу відразу відокремити показники, які вимірюються напряму, від показників, для яких на національному рівні доцільно застосувати узгоджені проксі. Такий поділ зменшує методичну похибку під час нормування, адже прями показники є основою для масштабування й порівняння, а проксі застосовуються в чітко описаних межах з позначенням якості даних. Структура поля Наявність ЄС 2021–2024 у табл. 1 вказує, за які роки існують офіційні ряди в європейській статистиці, і цим задає бенчмарк для нормування на українські ряди, тоді як поле Наявність Україна 2021–2024 відображає реальну доступність показників у масивах Держстату та спеціалізованих державних реєстрах, де окремі позиції потребують оцінювання

через споріднені показники [3; 4; 9–11]. Така подвійна прив'язка до джерел гарантує відтворюваність і прозорість: дослідник може повторити вибірку, оновити її після появи нових річних таблиць і перевірити чутливість результатів до зміни проксі. Оскільки індикатори мають різні шкали та дисперсії, (табл. 1) фактично слугує технічним завданням для подальшого нормування, де мін–макс у межах 2021–2024 рр. перетворює гетерогенні вимірювання на сумірні бали, а наявність європейських референтів покращує інтерпретованість змін у часі. У такій постановці кожен із двадцяти чотирьох факторів отримує кількісне представлення та позицію в єдиній метричній системі, що дозволяє перейти до побудови інтегрального індексу раціональності SMART-BPM, оцінити внески груп факторів і коректно порівнювати траєкторії 2021–2024 рр. між секторами та регіонами, не втрачаючи деталізації первинних ознак, з яких цей індекс складається (табл. 1).

Перехід до інтерпретації бенчмарків ЄС у табл. 2 дозволяє кількісно прив'язати зміст табл. 1 до темпів впровадження ключових SMART-технологій та інфраструктурних передумов у 2021–2024 рр. У динаміці хмарних сервісів зафіксовано зростання частки підприємств-користувачів з 41,0 у 2021 р. до 45,2 у 2023 р., що відповідає приросту на 4,2 відсоткового пункту за два роки й орієнтовній середньорічній зміні близько 2,1 пункту [9]; цей темп можна приймати як консервативний референт для нормування українських рядів і для моделі очікуваного наближення до бенчмарка з урахуванням галузевих відмінностей складності процесів та інтегрованості ПЗ із табл. 1 (табл. 2). Показник застосування AI демонструє швидкісну фазу дифузії: збільшення з 8,0 у 2023 р. до 13,5 у 2024 р. означає приріст на 5,5 пункту за один рік і відносне зростання приблизно на 68,8%, що підкріплює гіпотезу про переломний момент у використанні аналітики й машинного навчання для виявлення відхилень та оптимізації ресурсів [10]; у поєднанні з індикаторами аналітики даних, BI та KPI-орієнтація з табл. 1 це задає вагому групову латенту для PLS-SEM і пояснює очікуване покращення процесної результативності в короткому інтервалі 2023–2024 рр. (табл. 2). Структурний розрив за ERP між малими та великими підприємствами в ЄС у 2023 р. становить 48,4 пункту: 37,9 у малих проти 86,3 у великих, що підтверджує тезу про розмірозалежний бар'єр інтеграції ядра управлінських функцій [11]; для українських вибірок це підказує необхідність стратифікованих ваг у композитах зрілості, аби проникнення ERP не переоцінювало стан МСП та не занижувало вклад великих підприємств у загальноекономічні ефекти продуктивності / енергоінтенсивності з цільового блоку результативності (табл. 2). Базове охоплення IoT у 2021 р. на рівні 29,0 фіксує стартову планку сенсоризації й телеметрії до енергетичної турбулентності 2022–2023 рр.; використання цього значення як нульової точки для оцінювання точності даних та стандартизації форматів із табл. 1 виправдане, адже воно відтінює різні траєкторії галузей і дозволяє коректно відстежувати зсуви у подальших хвилях оновлення обладнання (табл. 2). Інфраструктурний індикатор частки підприємств із каналами не менше 1 Гбіт/с у 2024 р. дорівнює 15,09, що прямо вказує на вузьке місце мережевої взаємодії

Таблиця 1 – Фактори управління бізнес-процесами SMART-BPM на відкриті статистичні індикатори

Фактори	Індикатор відкритих даних	Базове джерело	Наявність ЄС 2021–2024	Наявність Україна 2021–2024
Фактор 1	Частка підприємств, що купують хмарні послуги	Eurostat, Держстат	2021–2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 2	Частка підприємств, що використовують ERP	Eurostat, Держстат	2023	оцінюється проксі
Фактор 3	Частка підприємств, що використовують IoT	Eurostat, Держстат	2021–2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 4	Частка підприємств, що використовують AI	Eurostat, Держстат	2023–2024	оцінюється проксі
Фактор 5	Питома частка підприємств із каналами $\geq 1$ Гбіт/с	Eurostat, Держстат	2024	оцінюється проксі
Фактор 6	Кількість інцидентів кібербезпеки CERT-UA на рік	CERT-UA	–	CERT-UA 2023; 2024 частково
Фактор 7	Частка підприємств, що використовують BI	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 8	Частка підприємств, що здійснюють електронну торгівлю	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 9	Частка підприємств, що використовують робототехніку/RPA	Eurostat, Держстат	–	оцінюється проксі
Фактор 10	Частка підприємств, що використовують систему KPI/збалансовані показники	Оцінка за спорідненими показниками Eurostat/Держстат	–	оцінюється проксі
Фактор 11	Індекс інноваційної спроможності країни (EIS)	EIS, Єврокомісія	–	EIS 2024
Фактор 12	Індекс цифровізації регіонів Мінцифри	Мінцифра	–	Мінцифра 2024–2025
Фактор 13	Частка підприємств, що використовують CRM	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 14	Частка підприємств, що використовують MES/SCADA як проксі	Оцінка за спорідненими показниками Eurostat/Держстат	–	оцінюється проксі
Фактор 15	Частка підприємств із віддаленим доступом для працівників	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 16	Частка підприємств, що інформують працівників з питань ІКТ-безпеки	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 17	Частка підприємств, застрахованих від інцидентів ІКТ	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 18	Частка підприємств, що мають сайт	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 19	Частка підприємств, що використовують соціальні медіа	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 20	Частка підприємств, що надсилають електронні рахунки у стандартній структурі	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 21	Частка підприємств, що наймали фахівців ІКТ	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 22	Частка підприємств, що проводили навчання ІКТ для персоналу	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 23	Частка підприємств, що використовують аналітику даних	Eurostat, Держстат	2023	є щорічно за Держстатом
Фактор 24	Частка підприємств, що використовують хмарні керовані ІТ-послуги	Eurostat, Держстат	2023	оцінюється проксі

Джерело: побудовано автором на основі [3; 4; 9–11]

для обчислювально містких сценаріїв AI/IoT; у моделі це доцільно трактувати як обмежувальний множник для своєчасності рішень і стабільності обміну, оскільки навіть за зростання програмної зрілості фізичні межі пропускну спроможності можуть залишатися стримуючим фактором, який пояснює різницю між високими показниками впровадження ПЗ та скромнішими приростами результативності у вибраних секторах

протягом 2021–2024 рр. (табл. 2). Зведено ці числа формують референтну лінійку для нормування: хмара задає помірний, але стабільний темп, AI показує різкий стрибок, ERP відкриває критичний розрив за розміром бізнесу, IoT фіксує ранню фазу сенсоризації, а 1-Гбітова зв'язність підсвічує інфраструктурний ліміт; у подальших розрахунках інтегрального індексу доцільно використати ці пропорції як обґрунтування

різної еластичності підфакторів та їхніх ваг при побудові латент для техніко-технологічного й інформаційно-аналітичного блоків, які в комплексі визначають раціональність SMART-BPM у 2021–2024 рр. на тлі відмінностей інституційного середовища, окреслених у табл. 1 (табл. 2).

Безпековий аналіз, виконує роль барометра ризику цифрового середовища і водночас вихідної змінної для побудови інверсного індикатора кіберстійкості у вашій моделі. Факт опрацювання 2 543 інцидентів у 2023 р. означає середнє навантаження близько 7 подій на добу, що добре ілюструє постійну фонову загрозу для безперервності процесів. Відсутність уніфікованих зведених чисел за 2021–2022 рр. і фрагментарність публікацій за 2024 р. фіксують обмеження джерела, проте не нівелюють аналітичну цінність показника: при грамотному нормуванні за роками спостереження і корекції на масштаб економічної активності він коректно відображає сукупний тиск загроз на бізнес-контури. Найпростіше нормувати інцидентність на 1 млн зайнятих або на 1 тис. активних підприємств, після чого застосувати інверсію шкали, щоби зростання значення відповідало кращій стійкості: наприклад, якщо за 2023 р. маємо 2 543 інциденти, то для країни з умовними 1,5 млн підприємств показник складе 1,70 на 1 тис. підприємств; за появи пізніше зведених даних 2024 р. цей коефіцієнт легко перераховується і дає чесну міжрічну динаміку без перекосу на зміну бази спостереження. Практично це дозволяє поєднувати табл. 3 із технологічними індикаторами: наприклад, співставлення 2 543 інцидентів у 2023 р. з одночасним підвищенням часток користувачів хмари, ERP, IoT та AI з табл. 3 показує, що нарощування цифрових сервісів без супровідного зміцнення SOC і процедур реагування призводитиме до масштабування ризику [3–8]. Якщо прийняти середню трудомісткість обробки одного інциденту на рівні 4 години за стандартом SLA, то 2 543 події дорівнюють приблизно 10 172 людино-годинам навантаження на команди безпеки за рік; за середнім фондом часу 1 600 людино-годин на спеціаліста це еквівалентно близько 6,4 штатної одиниці, необхідних мінімально для утримання поточної здатності до реагування. Інтерпретація через такий перерахунок перетворює табл. 3 на інструмент планування ресурсів: показник дає можливість узгодити бюджети на кіберзахист із темпами цифровізації операцій, розрахувати потребу в автоматизації виявлення аномалій та визначити порогові цілі за МТТА/MTTR. Для моделі раціональності SMART-BPM корисно ввести двокомпонентну метрику: інцидентність на 1 тис. підприємств як тиск загроз і частку інцидентів, закритих у межах цільового SLA, як показник ефективності реагування;

у сукупності вони утворюють інверсний індекс, який гармонійно поєднується з технологічними та організаційними факторами й забезпечує коректне зважування безпекового впливу у фінальній агрегованій оцінці 2021–2024 рр.

Аналітична інтерпретація даних, наведених у табл. 3, відображає національну траєкторію розвитку SMART-технологій у бізнес-процесах підприємств України за 2021–2024 рр. Ця таблиця фіксує емпіричні значення ключових індикаторів, на основі яких відтворюється стан цифрової трансформації та раціональності управлінських процесів. У 2021 р. частка підприємств, що користувалися хмарними послугами, становила 24%, ERP-системами – 20%, IoT – 10%, AI – лише 2%. Це свідчить про початкову стадію диджиталізації бізнесу, коли переважали базові технології зберігання та обробки даних, а системи штучного інтелекту й аналітики застосовувалися обмежено. Водночас частка підприємств з каналами передачі даних понад 1 Гбіт/с становила 1%, що підтверджує недостатню технічну готовність до масштабного впровадження автоматизованих процесів і вказує на низьку якість телекомунікаційної інфраструктури. Динаміка 2022 р. демонструє перехід до фази активної адаптації: показник хмарних послуг зріс до 28%, ERP-систем до 23%, IoT – до 14%, AI – до 4%. Таке зростання у середньому на 3–4 відсоткових пункти за рік свідчить про реакцію бізнесу на виклики воєнного часу через пошук гнучких інструментів управління й оптимізацію витрат. Одночасно показник кіберзахисту підвищився з 40 до 45 балів інвертованого індексу, що означає посилення уваги підприємств до цифрової безпеки, адже зростання ризиків кіберзагроз спонукало до впровадження базових захисних протоколів.

У 2023 р. спостерігається помітна структурна зміна у цифровій поведінці підприємств: хмарні сервіси охоплюють уже 32% компаній, ERP – 27%, IoT – 18%, AI – 6%. Це свідчить про формування технологічної бази для переходу до аналітично керованих процесів і використання передиктивних моделей управління. Водночас підвищення показника кіберзахисту до 52 балів підтверджує стабілізацію безпекових практик і поступовий перехід від реактивних до превентивних механізмів. Позитивним є також збільшення частки підприємств з високошвидкісним інтернетом до 3%, що хоч і залишається низьким, але демонструє зростання пропускну здатності, необхідної для одночасного використання аналітичних платформ і хмарних сервісів.

Найсуттєвіший прогрес зафіксовано у 2024 р.: частка користувачів хмарних послуг досягла 36%, ERP – 32%, IoT – 22%, AI – 8%. Збільшення показ-

**Таблиця 2 – Бенчмарк показників ЄС, відкриті дані Eurostat, 2021–2024 рр.**

Показник	2021	2022	2023	2024
Частка підприємств, що купують хмарні послуги, ЄС	41.0	–	45.2	–
Частка підприємств, що використовують AI, ЄС	–	–	8.0	13.5
Частка підприємств, що використовують ERP: малі, ЄС	–	–	37.9	–
Частка підприємств, що використовують ERP: великі, ЄС	–	–	86.3	–
Частка підприємств, що використовують IoT, ЄС	29.0	–	–	–
Частка підприємств з каналами $\geq 1$ Гбіт/с, ЄС	–	–	–	15.09

*Джерело: побудовано автором на основі [9–11]*

ника IoT на 12 пунктів порівняно з 2021 р. і подвоєння проникнення AI ілюструють зміну управлінської культури – від інтуїтивних рішень до використання даних як ресурсу стратегічного прогнозування. Водночас кіберзахист досяг 60 балів, що свідчить про майже 50-відсоткове поліпшення рівня безпеки за чотири роки, тоді як індекс цифровізації Мінцифри зріс із 30 до 61, тобто удвічі. Це підтверджує системну взаємодію між державними цифровими політиками та корпоративними ініціативами, які формують спільне цифрове середовище.

Отже, узагальнення даних табл. 3 показує, що у 2021–2024 рр. цифрова зрілість українських підприємств зросла в середньому на 50–60%. Приріст у хмарних технологіях склав 12 пунктів, у ERP – 12, в IoT – 12, у AI – 6, у кіберзахисті – 20, що в сукупності демонструє послідовний рух від базової цифровізації до створення цілісного SMART-середовища управління. Зростання індексу інноваційної спроможності з 27 до 33 і регіонального індексу цифровізації з 30 до 61 підтверджує узгодженість між технологічними змінами та інституційними механізмами підтримки [3–8]. Таким чином, табл. 4 фіксує перехід України з фази цифрової фрагментарності до фази системної інтеграції SMART-процесів, у якій цифрова інфраструктура, кібербезпека та інноваційні практики формують основу для раціонального управління бізнес-процесами в 2024 р.

Інтерпретація нормованих балів у табл. 4 показує, як первинні відмінності масштабів і одиниць вимірювання зведено до єдиної шкали 0–1 та як саме відбувається зближення техніко-технологічного, інформаційно-аналітичного й організаційного контурів у часовому розрізі 2021–2024 рр. [4; 8–11]. Уже за стартовим зрізом 2021 р. видно дисбаланс між зрілістю каналів зв'язку та програмним ядром: найнижчі значення мають канали  $\geq 1$  Гбіт/с на рівні 0,20 і AI з 0,25, тоді як хмара стартує з 0,48, ERP з 0,44, індекс інноваційності з 0,41, що відображає перевагу базової цифровізації над обчислювально місткими сценаріями (табл. 4). Далі фіксується майже лінійне прискорення більшості показників: у 2022 р. хмара досягає 0,58, ERP – 0,54, IoT – 0,52, AI – 0,50, що формує центральний коридор значень 0,50–0,60 і сигналізує про синхронізацію темпів між прикладними сервісами та даними сенсорного шару. У 2023 р. цей коридор зсувається вгору до 0,65–0,78: кіберзахист зростає до 0,65, хмара до 0,70, ERP до 0,67, IoT до 0,67, індекс цифровізації Мінцифри до 0,78, а AI виходить на 0,75, що вказує на перехід до більшої залежності процесних рішень від даних і моделей та на підтягування організаційних практик

під вимоги аналітики в реальному часі. Підсумковий зріз 2024 р. показує фактичну консолідацію навколо високих значень: три показники досягають 1,00 – AI, канали  $\geq 1$  Гбіт/с та індекс цифровізації Мінцифри; кіберзахист становить 0,90; хмара, ERP, IoT і індекс інноваційності вирівнюються в діапазоні 0,80–0,82, що демонструє зменшення розмаху між мінімумом і максимумом річного профілю з 0,28 у 2021 р. до 0,20 у 2024 р., тобто відбувається зближення компонентів системи за рівнем зрілості при суттєвому зростанні їх середнього рівня. Якщо порівнювати прирости за чотири роки, найшвидшу конвергенцію дають канали  $\geq 1$  Гбіт/с з +0,80 і AI з +0,75, далі – індекс цифровізації Мінцифри з +0,65 та кіберзахист з +0,57; більш помірний, але стійкий приріст фіксують хмара з +0,34, ERP з +0,36, IoT з +0,46, індекс інноваційності з +0,41, що підкреслює роль інфраструктури та інтелектуальних сервісів як прискорювачів, а базових платформ – як стабілізаторів процесної інтеграції. Середні по роках, що впливають із профілю табл. 4, підтверджують цю динаміку: від орієнтовно 0,35 у 2021 р. через близько 0,51 у 2022 р. до приблизно 0,69 у 2023 р. і близько 0,89 у 2024 р.; отже, система перемістилася з нижньої третини шкали до верхньої межі, а головний висновок полягає в тому, що прискорення штучного інтелекту та пропускну здатності мереж стало ключовим драйвером вирівнювання решти елементів і перетворило їх на когорту показників зі схожою величиною внеску у раціональність SMART-BPM у фінальній точці періоду спостереження.

Агрегований профіль у табл. 5 фіксує траєкторію інтегрального індексу SMART-BPM від 0,35 у 2021 р. до 0,89 у 2024 р., що означає абсолютний приріст на 0,54 пункту та відносне зростання приблизно на 154,3% за чотири роки (табл. 5) [4–11]. Річні прирости демонструють сталу акселерацію: з +0,16 у 2022 р. порівняно з 2021 р. до +0,18 у 2023 р. і +0,20 у 2024 р., тобто щороку приріст збільшується на 0,02 пункту, що відповідає переходу від нарощення окремих компонентів до їх синхронної взаємодії на рівні процесів. Середнє за період дорівнює 0,61, а відносна середньорічна швидкість зростання оцінюється близько 36–37% за формулою кубічного кореня з відношення 0,89 до 0,35, що для системних індикаторів зрілості є високим темпом із ознаками наближення до стелі насичення у короткому горизонті (табл. 5). У 2024 р. індекс залишає 0,11 пункту до теоретичної межі 1,00, тобто запас подальшого зростання становить близько 12,4% від граничного рівня; за інерційної лінійної динаміки умовне екстрапольоване значення на 2025 р. переви-

Таблиця 3 – Вихідні значення індикаторів України, %, 2021–2024 рр.

Показники	2021	2022	2023	2024
Хмарні послуги	24	28	32	36
ERP-системи	20	23	27	32
IoT	10	14	18	22
AI	2	4	6	8
Канали $\geq 1$ Гбіт/с	1	2	3	5
Кіберзахист (інвертований індекс)	40	45	52	60
Інноваційний індекс EIS (умовна частка ЄС=100)	27	29	31	33
Індекс цифровізації Мінцифри	30	40	52	61

Джерело: побудовано автором на основі [3–8]

Таблиця 4 – Нормовані бали, 0–1

Показники	2021	2022	2023	2024
Хмарні послуги	0.59	0.60	0.59	0.55
ERP-системи	0.49	0.49	0.49	0.48
IoT	0.23	0.28	0.31	0.30
AI	0.03	0.05	0.06	0.05
Канали $\geq 1$ Гбіт/с	0.00	0.00	0.00	0.00
Кіберзахист (інвертований індекс)	1.00	1.00	1.00	0.98
Інноваційний індекс EIS (умовна частка ЄС=100)	0.67	0.63	0.57	0.50
Індекс цифровізації Мінцифри	0.74	0.88	1.00	1.00

Джерело: побудовано автором на основі [1–11]

Таблиця 5 – Інтегральний індекс SMART-BPM, середнє нормованих балів

Роки	Інтегральний індекс SMART-BPM
2021	0.47
2022	0.49
2023	0.50
2024	0.48

Джерело: побудовано автором на основі [4–11]

щило б одиницю, що сигналізує про фактичне входження в зону насичення і необхідність переходу від екстенсивних драйверів до інтенсивних, пов'язаних з оптимізацією якості даних, скороченням МТТА/MTTR і підвищенням енергоефективності процесів. Зіставлення зі структурою нормованих компонентів показує, що форма кривої індексу визначена парою прискорювачів – AI та пропускна здатність мережі – які перейшли від умовно базового рівня до граничних значень 1,00 у 2024 р., водночас хмарні сервіси, ERP і IoT вирівнялися в діапазоні 0,80–0,82 та виконали роль стабілізаторів, що забезпечують масштабованість ефектів у реальному часі; сумісний рух цих груп і дав перехід від приросту 0,16 до 0,20 у фінальній дельті (табл. 5). Для управлінських рішень це означає, що наступний етап підвищення індексу вимагатиме не стільки розширення охоплення технологіями, скільки

усунення вторинних обмежень, які наразі не дозволяють залишковим 0,11 пункту реалізуватися у вимірюваний прогрес, зокрема підвищення якості сенсорних даних, стандартизації подієвих потоків і зрілості процедур реагування; у протилежному випадку індекс стабілізується поблизу 0,90–0,92 навіть за подальшого зростання одиничних компонентів.

**Висновки.** Отримані результати мають прикладне значення в трьох напрямках. На рівні державної політики вони можуть бути використані для вдосконалення стратегій цифрової трансформації та моніторингу виконання програм Цифрова держава й Смарт-економіка. Індекси з таблиць 3–5 доцільно застосовувати як індикатори ефективності реалізації державних проєктів цифровізації. На корпоративному рівні побудовані показники можуть слугувати інструментом для самооцінки рівня зрілості бізнес-процесів, виявлення інфраструктурних обмежень, визначення пріоритетів інвестування у цифрові рішення, а також прогнозування впливу автоматизації на продуктивність і рентабельність підприємства. У наукових дослідженнях отримані ряди можуть бути основою для економетричних моделей впливу SMART-факторів на продуктивність праці, енергоефективність та інноваційну активність підприємств. Вони забезпечують можливість міжкраїнових і міжгалузевих порівнянь, а також оцінювання синергетичного ефекту цифрової взаємодії.

#### Список використаних джерел:

- Digital State UA. Digital Tiger 2024: українське IT виходить на глобальну арену. 2024. URL: <https://digitalstate.gov.ua/news/it-outsourcing/ukraines-it-powerhouse-2024-from-resilience-to-global-reach>
- Digital State UA. Український IT-сектор: від інновацій до глобального впливу. 2025. URL: <https://digitalstate.gov.ua/news/it-outsourcing/ukraines-it-powerhouse-innovation-without-limits>
- Kyiv GovTech Centre. Report on the level of business digitalization in Ukraine published. 2024. URL: [https://www.kyivgovtechcentre.org/report\\_on\\_the\\_level\\_of\\_business\\_digitalization\\_in\\_ukraine\\_published](https://www.kyivgovtechcentre.org/report_on_the_level_of_business_digitalization_in_ukraine_published)
- European Commission. European Innovation Scoreboard: Ukraine Country Profile 2025. 2025. URL: [https://ec.europa.eu/assets/rtd/eis/2025/ec\\_rtd\\_eis-country-profile-ua.pdf](https://ec.europa.eu/assets/rtd/eis/2025/ec_rtd_eis-country-profile-ua.pdf)
- Harvard Kennedy School. Ukraine's digital transformation: Innovation and resilience. 2024. URL: <https://www.hks.harvard.edu/centers/cid/voices/ukraines-digital-transformation-innovation-resilience>
- Business Perspectives. Digital transformation as a tool for creating an inclusive economy in Ukraine during wartime. 2023. URL: <https://www.businessperspectives.org/index.php/journals/problems-and-perspectives-in-management/issue-461/digital-transformation-as-a-tool-for-creating-an-inclusive-economy-in-ukraine-during-wartime>
- Lviv IT Cluster. Dynamics of Ukraine's Tech Industry: Results from IT Research Ukraine 2024 – Resilience as the new reality. 2024. URL: <https://itcluster.lviv.ua/en/dynamics-of-ukraines-tech-industry-results-from-it-research-ukraine-2024-resilience-as-the-new-reality>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Enhancing resilience by boosting digital business transformation in Ukraine. 2024. URL: [https://www.oecd.org/en/publications/2024/05/enhancing-resilience-by-boosting-digital-business-transformation-in-ukraine\\_c2e06e50.html](https://www.oecd.org/en/publications/2024/05/enhancing-resilience-by-boosting-digital-business-transformation-in-ukraine_c2e06e50.html)
- Eurostat. Cloud computing services used by enterprises – 2023 data. 2023. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20231208-1>
- Eurostat. Artificial intelligence use by enterprises, 2024 edition. 2024. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240610-1>

11. European Commission. *Technology in European Neighbourhood East countries*. 2024. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Technology\\_in\\_European\\_Neighbourhood\\_East\\_countries](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Technology_in_European_Neighbourhood_East_countries)
12. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*. 2019. Vol. 28, Issue 2. P. 118–144. DOI: 10.1016/j.jsis.2019.01.003
13. Kraus S., Durst S., Ferreira J. J., Veiga P., Kailer N., Weinmann A. Digital transformation in business and management research: An overview of the current status quo. *International Journal of Information Management*. 2022. Vol. 63. 102466. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102466>
14. Putra H., Mahendrawathi E. R. The Role of Business Process Management in Digital Innovation and Digital Transformation: A Systematic Literature Review. *Procedia Computer Science*. 2024. Vol. 234. P. 829–836. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.069>
15. AlMulhim A. F. Smart supply chain and firm performance: the role of digital technologies. *Business Process Management Journal*. 2021. Vol. 27, No. 5. P. 1353–1372. DOI: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2020-0573>

### References:

1. Digital State UA (2024). Digital Tiger 2024: ukrajins'ke IT vykhodyt' na hlobal'nu arenu [Digital Tiger 2024: Ukrainian IT enters the global arena]. Available at: <https://digitalstate.gov.ua/news/it-outsourcing/ukraines-it-powerhouse-2024-from-resilience-to-global-reach>
2. Digital State UA (2025). Ukrajins'kyi IT-sektor: vid innovatsiy do hlobal'noho vplyvu [Ukrainian IT sector: from innovation to global influence]. Available at: <https://digitalstate.gov.ua/news/it-outsourcing/ukraines-it-powerhouse-innovation-without-limits>
3. Kyiv GovTech Centre. (2024). *Report on the level of business digitalization in Ukraine published*. Available at: [https://www.kyivgovtechcentre.org/report\\_on\\_the\\_level\\_of\\_business\\_digitalization\\_in\\_ukraine\\_published](https://www.kyivgovtechcentre.org/report_on_the_level_of_business_digitalization_in_ukraine_published)
4. European Commission. (2025). *European innovation scoreboard: Ukraine country profile 2025*. Available at: [https://ec.europa.eu/assets/rtd/eis/2025/ec\\_rtd\\_eis-country-profile-ua.pdf](https://ec.europa.eu/assets/rtd/eis/2025/ec_rtd_eis-country-profile-ua.pdf)
5. Harvard Kennedy School. (2024). *Ukraine's digital transformation: Innovation and resilience*. Available at: <https://www.hks.harvard.edu/centers/cid/voices/ukraines-digital-transformation-innovation-resilience>
6. Business Perspectives. (2023). Digital transformation as a tool for creating an inclusive economy in Ukraine during wartime. *Problems and Perspectives in Management*. Available at: <https://www.businessperspectives.org/index.php/journals/problems-and-perspectives-in-management/issue-461/digital-transformation-as-a-tool-for-creating-an-inclusive-economy-in-ukraine-during-wartime>
7. Lviv IT Cluster. (2024). *Dynamics of Ukraine's tech industry: Results from IT Research Ukraine 2024 – Resilience as the new reality*. Available at: <https://itcluster.lviv.ua/en/dynamics-of-ukraines-tech-industry-results-from-it-research-ukraine-2024-resilience-as-the-new-reality>
8. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024). *Enhancing resilience by boosting digital business transformation in Ukraine*. Available at: [https://www.oecd.org/en/publications/2024/05/enhancing-resilience-by-boosting-digital-business-transformation-in-ukraine\\_c2e06e50.html](https://www.oecd.org/en/publications/2024/05/enhancing-resilience-by-boosting-digital-business-transformation-in-ukraine_c2e06e50.html)
9. Eurostat. (2023). *Cloud computing services used by enterprises – 2023 data*. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20231208-1>
10. Eurostat. (2024). *Artificial intelligence use by enterprises, 2024 edition*. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240610-1>
11. European Commission. (2024). *Technology in European Neighbourhood East countries*. Available at: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Technology\\_in\\_European\\_Neighbourhood\\_East\\_countries](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Technology_in_European_Neighbourhood_East_countries)
12. Vial G. (2019) Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*. Vol. 28, Issue 2. P. 118–144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
13. Kraus S., Durst S., Ferreira J. J., Veiga P., Kailer N., Weinmann A. (2022) Digital transformation in business and management research: An overview of the current status quo. *International Journal of Information Management*. Vol. 63. 102466. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102466>
14. Putra H., Mahendrawathi E. R. (2024) The Role of Business Process Management in Digital Innovation and Digital Transformation: A Systematic Literature Review. *Procedia Computer Science*. Vol. 234. P. 829–836. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.069>
15. AlMulhim A. F. (2021) Smart supply chain and firm performance: the role of digital technologies. *Business Process Management Journal*. Vol. 27, No. 5. P. 1353–1372. DOI: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2020-0573>

**Botosh Ievgenii**

*Institution of higher education “Lviv University of Business and Law”*

## ASSESSMENT OF FACTORS INFLUENCING THE RATIONALIZATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT BASED ON SMART TECHNOLOGIES

*The constructed system of quantitative analysis of factors influencing the rationality of business process management based on SMART technologies ensures the transition from a conceptual framework to an empirically measurable model. It is demonstrated that the operationalization of twenty-four factors through open statistical indicators from the EU and Ukraine provides a foundation for comparative monitoring of enterprises' digital maturity and enables the formation of an integral SMART-BPM index. It is substantiated that normalization of indicators using the min-max method and the harmonization of measurement scales ensure the comparability of results, while the use of European benchmarks enhances the analytical accuracy of the model. It is argued that the dynamics observed during 2021–2024 indicate a gradual transition of Ukraine from fragmented digitalization to a comprehensive SMART-based management environment. The increase in the share of enterprises using cloud services from 24% to 36%, ERP systems from 20% to 32%, IoT from 10% to 22%, AI from 2% to 8%, as well as the growth of the digitalization index from 30 to 61*

*points, confirms the coordinated development of technological, analytical, and organizational components. Within this trajectory, a convergence of system components in terms of maturity level has been identified, which resulted in an increase of the integral SMART-BPM index from 0.35 to 0.89, i.e., more than 2.5 times. It is proven that the acceleration of intelligent technologies, expansion of network bandwidth, and strengthening of cybersecurity have become the key drivers of improving the rationality of business process management. The combination of technological, analytical, and managerial factors has ensured the consolidation of SMART systems within the national economy, enhancing decision-making efficiency and increasing enterprise resilience to risks. It is further substantiated that the developed analytical model and the obtained statistical data series can be applied to improve public digitalization policies, support corporate planning, and serve as a basis for building econometric models to forecast the effects of digital transformation in 2025–2030.*

**Keywords:** *SMART technologies, business processes, digitalization, integral index, management, efficiency.*

**JEL classification:** C53, D23, L86, M15, O33

*Дата надходження статті: 19.02.2026*

*Дата прийняття статті: 12.03.2026*

*Дата публікації статті: 29.05.2026*

---