УДК 005.591.6:69:004.94:502.131.1
JEL: C53; L74; M11; O33; Q56
DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-9-250-260

ОПЕРАЦІЙНА РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ: АНАЛІТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДІАГНОСТИКИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТА СТАЛОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ДЕВЕЛОПМЕНТУ

©2026 ФЕСУН А. С., РИЖАКОВА Г. М., ПЕТРЕНКО О. В.

УДК 005.591.6:69:004.94:502.131.1
JEL: C53; L74; M11; O33; Q56

Фесун А. С., Рижакова Г. М., Петренко О. В. Операційна результативність будівельних підприємств: аналітичний інструментарій діагностики в умовах цифрової та сталої трансформації девелопменту

Цифровізація будівельного девелопменту збільшує обсяг даних про виконання робіт, ресурси та контрольні події, однак не усуває розриву між накопиченням інформації та своєчасним поясненням причин операційних втрат. Наявні підходи переважно оцінюють план-факт показники, цифрову зрілість або сталість окремо та недостатньо пов'язують фактичні послідовності операцій із матеріально-енергетичними наслідками. Метою статті є розроблення аналітичного інструментарію діагностики операційної результативності, що перетворює цифрові події BIM-, CDE-, ERP-, IoT- і виробничих систем на процесні та ресурсно-екологічні сигнали. Застосовано теоретичне узагальнення, порівняльний і структурно-логічний аналіз, процесний підхід, аналіз часових рядів, нормування та метод відстані до цільового профілю. Операційну результативність визначено як здатність підприємства регулярно відтворювати цільовий виробничий потік із контрольованою варіативністю, підтвердженим цифровим слідом і прийнятною ресурсно-екологічною інтенсивністю. Сформовано цифровий доказовий контур «джерело – подія – процес – сигнал – причина – інтервенція». Запропоновано показники відповідності фактичного процесу еталонній моделі, безперервності потоку, прогнозованості завершення, цифрової доказовості, ресурсної екопродуктивності та діагностичного лагу. Результати подаються як декомпозований вектор і відстань до цільової конфігурації, що дозволяє локалізувати внесок кожного відхилення та уникати заміни причинного аналізу середнім рейтингом. Розроблено типологію операційних станів за поєднанням процесної відтворюваності, ресурсної ощадливості та якості цифрових доказів, а також п'ятирівневу модель зрілості діагностичної системи. Ілюстративний розрахунок показав, що прийнятні план-факт результати можуть приховувати низьку безперервність потоку, запізнення даних і ресурсні втрати. Наукова новизна полягає в поєднанні процесного підходу, цифрового ланцюга доказів і ресурсної екопродуктивності в єдиному інструментарії операційної діагностики. Практична цінність полягає в можливості адресно стандартизувати процеси, скорочувати очікування та переробки, підвищувати якість даних і визначати операційні джерела матеріальної та вуглецевої інтенсивності.

Ключові слова: *підприємство; операційна результативність; економічна діагностика; будівельний девелопмент; процесний підхід; цифровізація; сталий розвиток; економіко-математичне моделювання; конкурентоспроможність; ESG.*
Табл.: *4.* ***Формул:*** *9.* ***Бібл.:*** *17.*

Фесун Артем Сергійович *– кандидат економічних наук, докторант кафедри менеджменту в будівництві, Київський національний університет будівництва і архітектури (просп. Повітряних Сил, 31, Київ, 03680, Україна)*
E-mail: *taqm@ukr.net*
ORCID: *https://orcid.org/0009-0002-1433-3087*

Рижакова Галина Михайлівна *– доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту в будівництві, Київський національний університет будівництва і архітектури (просп. Повітряних Сил, 31, Київ, 03680, Україна)*
E-mail: *ryzhakova.gm@knuba.edu.ua*
ORCID: *https://orcid.org/0000-0002-7875-9768*

Петренко Олександр Васильович *– аспірант кафедри менеджменту в будівництві, Київський національний університет будівництва і архітектури (просп. Повітряних Сил, 31, Київ, 03680, Україна)*
E-mail: *petrenko.as@knuba.edu.ua*
ORCID: *https://orcid.org/0009-0002-1849-1103*

UDC 005.591.6:69:004.94:502.131.1
JEL: C53; L74; M11; O33; Q56

Fesun A. S., Ryzhakova G. M., Petrenko O. V. Operational Performance of Construction Enterprises: Analytical Diagnostic Tools under the Digital and Sustainable Transformation of Development

The digitalization of construction development increases the volume of data on work execution, resources, and control events but does not eliminate the gap between information accumulation and timely explanation of operational losses. Existing approaches mainly assess plan-fact indicators, digital maturity, or sustainability separately and insufficiently connect actual operational sequences with material and energy consequences. The aim of the article is to develop analytical tools for diagnosing operational performance by transforming digital events from BIM, common data environments, ERP, IoT, and production systems into process and resource-environmental signals. The study employs theoretical generalization, comparative and structural-logical analysis, process mining, time-series analysis, normalization, and a target-profile distance method. Operational performance is defined as an enterprise's ability to repeatedly reproduce a target production flow with controlled variability, a verifiable digital trace, and acceptable resource and environmental intensity. A digital evidence chain of «source – event – process – signal – cause – intervention» is developed. Indicators are proposed for process conformance, flow continuity, completion predictability, digital evidence integrity, resource eco-productivity, and diagnostic latency. The results are represented as a decomposed vector and a distance from the target configuration, which makes it possible to localize the contribution of each deviation and prevents causal analysis from being replaced by an average rating. A typology of operational states is constructed by combining process reproducibility, resource frugality, and digital evidence quality, together with a

five-level maturity model for the diagnostic system. An illustrative calculation demonstrates that acceptable plan-fact results may conceal poor flow continuity, delayed data, and resource losses. The scientific novelty lies in combining process mining, a digital chain of evidence, and resource eco-productivity within a single operational diagnostic toolkit. The practical value is associated with targeted process standardization, reduction of waiting and rework, improvement of data quality, and identification of operational sources of material and carbon intensity.

Keywords: *enterprise; operational performance; economic diagnostics; construction development; process-based approach; digitalization; sustainable development; economic and mathematical modeling; competitiveness; ESG.*

Tabl.: *4.* ***Formulae:*** *9.* ***Bibl.:*** *17.*

Fesun Artem S. *– PhD (Economics), Candidate on Doctor Degree of the Department of Management in Construction, Kyiv National University of Construction and Architecture (31 Povitryanykh Syl Ave., Kyiv, 03680, Ukraine)*

E-mail: *taqm@ukr.net*

ORCID: *https://orcid.org/0009-0002-1433-3087*

Ryzhakova Galyna M. *– D. Sc. (Economics), Professor, Head of the Department of Management in Construction, Kyiv National University of Construction and Architecture (31 Povitryanykh Syl Ave., Kyiv, 03680, Ukraine)*

E-mail: *ryzhakova.gm@knuba.edu.ua*

ORCID: *https://orcid.org/0000-0002-7875-9768*

Petrenko Oleksandr V. *– Postgraduate Student of the Department of Management in Construction, Kyiv National University of Construction and Architecture (31 Povitryanykh Syl Ave., Kyiv, 03680, Ukraine)*

E-mail: *petrenko.as@knuba.edu.ua*

ORCID: *https://orcid.org/0009-0002-1849-1103*

Цифровізація будівельного девелопменту істотно збільшила обсяг даних про проєктування, закупівлі, виконання робіт, переміщення ресурсів, зміни документації, контроль якості та введення об'єктів в експлуатацію. Водночас зростання інформаційної насиченості не тотожне підвищенню керованості операцій. На багатьох підприємствах дані накопичуються в окремих BIM-моделях, календарних планах, ERP-модулях, системах електронного документообігу, журналах авторського та технічного нагляду, телематиці техніки та звітах підрядників, але не формують єдиного доказового контуру для пояснення причин операційних відхилень. У результаті управління продовжує спиратися на запізнілі звіти про витрати та виконання плану, тоді як першопричини втрат виникають раніше – у порушенні послідовності операцій, накопиченні незавершеного виробництва, очікуванні ресурсів, повторних погодженнях, дефектах і розривах інформаційного потоку.

Міжнародні стандарти ISO 19650-1 та ISO 19650-2 визначають принципи управління інформацією протягом життєвого циклу активів і регламентують вимоги до інформаційних процесів на стадії реалізації [1; 2]. Їх застосування створює організаційне підґрунтя для цифрової узгодженості даних, проте сам факт наявності спільного середовища даних не забезпечує діагностичної цінності інформації. Для цього цифрові записи мають бути перетворені на зіставні події, пов'язані з конкретною операцією, виконавцем, ресурсом, часовою міткою, версією документа та результатом контролю, що дозволяє встановлювати фактичну траєкторію процесу, а не лише порівнювати підсумкові показники з планом.

Стала трансформація девелопменту додатково змінює зміст операційної результативності, орієнтує оцінювання будівель на життєвий цикл, ресурсоефективність, вуглецеві наслідки, якість і довгострокову цінність [3]. Відповідно, підприємство має діагностувати не лише швидкість і собівартість виконання робіт, а й матеріало- та енергоємність операцій, утворення відходів, можливість повторного використання матеріалів, виробничі простої, переробки та інші форми втрат, що одночасно погіршують економічний і екологічний результат.

Сталість у цьому дослідженні розглядається не як окремий звітний блок, а як властивість операційного потоку: менша кількість очікувань, дефектів, повторних переміщень і невиправданих запасів скорочує витрати, тривалість, споживання енергії та вуглецеву інтенсивність створення будівельного продукту. Традиційні системи KPI переважно фіксують стан після завершення звітного періоду. Вони відповідають на питання, що сталося з бюджетом, строками або обсягом, але не завжди встановлюють, як саме сформувався результат, на якій ділянці процесу виникло відхилення, скільки часу воно залишалося невиявленим та чи підтверджується висновок надійними цифровими даними. За таких умов постає потреба в переході від періодичного контролю показників до операційної діагностики, побудованої на цифровій спостережуваності, аналізі фактичних послідовностей робіт, вимірюванні безперервності потоку та ресурсної екопродуктивності.

Більшість наявних підходів або оцінює продуктивність окремих бригад та операцій, або описує технологічну готовність до цифровізації, або

досліджує потенціал BIM і цифрових двійників. Недостатньо формалізованим залишається перехід від цифрового запису до діагнозу: яким чином визначити відповідність фактичного процесу нормативній моделі, локалізувати втрати потоку, оцінити прогнозованість завершення робіт, перевірити цілісність цифрового сліду та співвіднести створений результат із ресурсним і вуглецевим навантаженням. Проблема полягає у відсутності цілісного аналітичного інструментарію, який би поєднував процесні характеристики операційної результативності з якістю цифрових доказів і параметрами сталої трансформації.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Методологічну основу процесного (подієвого) аналізу формує *process mining* – сукупність методів відтворення, перевірки відповідності та вдосконалення процесів на основі журналів подій. W. M. P. van der Aalst [4] обґрунтував відмінність process mining від традиційного моделювання: модель не лише задається наперед, а реконструюється з фактичних цифрових слідів, після чого використовується для *conformance checking* (контроль відповідності фактичного процесу еталонній моделі), виявлення варіантів і прогнозування. Для будівництва це принципово важливо, оскільки фактичний маршрут виконання робіт часто відхиляється від календарно-технологічної моделі через зміни документації, нерівномірне постачання, повторні погодження, переробки та локальні управлінські рішення.

Цифровий двійник розширює можливості діагностики завдяки поєднанню геометричної, часової, ресурсної та фактичної інформації. C. Boje, A. Guerriero, S. Kubicki і Y. Rezgui [5] обґрунтували напрям переходу від BIM до семантичного будівельного цифрового двійника, здатного пов'язувати дані моніторингу, моделі та операційні рішення. Y. Pan і L. Zhang [6] запропонували BIM-data mining framework, у якому цифровий двійник утворює замкнений цикл між фізичним процесом, журналами подій, аналізом даних і управлінською реакцією. У таких підходах BIM перестає бути лише інформаційною моделлю продукту та набуває функції середовища для інтерпретації процесу. Критичний огляд A. J. Martinez Lagunas і M. Nik-Bakht [7] показав, що процесне моделювання та process mining у будівництві розвиваються фрагментарно, а потенціал корпоративної пам'яті, стандартизації подій і повторного використання процесного знання реалізований неповною мірою. Y. Wang, S. Liao, Z. Gong, F. Deng і S. Yin продемонстрували можливість доповнення цифрового двійника «процесним двійником», який відтворює фактичні варіанти виконання робіт і виявляє випередження, відставання та аномальні переходи між операціями [8], що підтверджує доцільність переходу від статичної моделі стану до цифрової моделі поведінки операційної системи.

Окремий напрям досліджень стосується вимірювання продуктивності через характеристики потоку. A. Rathnayake, D. Murguia і C. Middleton [9] довели, що традиційна частка продуктивного часу не охоплює втрат, пов'язаних із незавершеним виробництвом, передаванням фронтів між бригадами та перервами в роботі [9]. D. Murguia зі співавторами [10] запропонували багаторівневу систему порівняння продуктивності між проєктами, пакетами робіт та операціями, у якій продуктивність розглядається одночасно в просторовому, часовому та процесному вимірах, де діагностика має враховувати не лише кількість виробленого обсягу на одиницю ресурсу, а й стабільність переміщення бригад, матеріалів і обладнання через технологічні зони.

Безумовно, цифрова трансформація підприємства не обмежується впровадженням програмного забезпечення. Українські науковці у своїх дослідженнях [11–16] доводять, що готовність будівельних організацій до цифрових технологій визначається організаційною культурою, підтримкою керівництва, компетентностями та здатністю змінювати робочі процедури. R. Trach et al. [17] наголосили на ролі цифрового партнерства та взаємодоповнюваних компетентностей учасників будівельного ланцюга, де цифрова спостережуваність операцій залежить не лише від технічної архітектури, а й від дисципліни формування даних, єдиних класифікаторів та договірно закріпленої відповідальності за інформаційні події.

Узагальнення досліджень засвідчує недостатню інтегрованість показників продуктивності, цифрової зрілості та сталості, а також слабку доказову надійність інтегральних оцінок, що зумовлює потребу в діагностичному профілі, що поєднує процесну відповідність, безперервність потоку, прогнозованість, цифрову доказовість і ресурсну екопродуктивність.

Метою статті є розроблення аналітичного інструментарію діагностики операційної результативності будівельних підприємств, що перетворює цифрові події BIM-, CDE-, ERP-, IoT- і виробничих систем на процесні та ресурсно-екологічні діагностичні сигнали для оцінювання відтворюваності, безперервності, прогнозованості та сталої продуктивності операцій.

Дослідження спрямоване на отримання відповідей на такі питання: які характеристики від-

різняють операційну результативність від традиційної продуктивності; як сформувати цифровий доказовий контур операційної діагностики; які показники дозволяють локалізувати втрати процесного потоку та ресурсної екопродуктивності; яким чином узагальнити різнорідні оцінки без втрати інформації про джерело відхилення; як визначити рівень зрілості діагностичної системи будівельного підприємства.

Методологічний дизайн ґрунтується на *process-based view* (процесно-орієнтований підхід) і *design science research* (методологія дослідження, орієнтованого на проєктування). Теоретичне узагальнення та порівняльний аналіз застосовано для розмежування продуктивності, ефективності, результативності та операційної спостережуваності. Структурно-логічний аналіз використано для побудови цифрового доказового контуру. Метод *process mining* покладено в основу показника відповідності фактичної послідовності робіт еталонному процесу. Аналіз часових рядів і ковзних вікон використано для оцінювання прогнозованості та швидкості виявлення відхилень. Метод відстані до цільового профілю застосовано для узагальнення діагностичних блоків без зведення їх до компенсаторної середньої оцінки. Інформаційну основу становлять міжнародні стандарти управління інформацією, наукові праці з process mining, цифрових двійників, продуктивності будівництва, цифрової готовності та циркулярної економіки [1–16].

Запропонована модель має концептуально-методичний характер. Для демонстрації її інтерпретаційної здатності використано умовний набір даних виробничої ділянки, а не результати емпіричного обстеження конкретного підприємства, що дозволяє показати логіку розрахунків без приписування модельним значенням статистичної репрезентативності.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У межах запропонованого підходу продуктивність характеризує кількісний результат на одиницю витраченого ресурсу; операційна ефективність – співвідношення корисного результату та сукупних витрат; операційна результативність – здатність системи регулярно відтворювати цільовий виробничий потік із прийнятною варіативністю, підтвердженою цифровими даними та досягнутою без надмірної матеріальної, енергетичної та вуглецевої інтенсивності. Така дефініція зміщує увагу з одиничного результату на стабільність механізму його формування. Високе виконання місячного плану не є достатнім доказом результативності, якщо воно забезпечене накопиченням незавершеного виробництва, надмірними запасами, роботою поза оптимальної послідовності або перенесенням дефектів на наступні стадії. Аналогічно, скорочення матеріальних витрат не свідчить про сталу трансформацію, якщо воно супроводжується зростанням кількості транспортувань, переробок чи викидів від енергомісткої техніки. Діагностика має відображати не лише результат (*табл. 1*), а й процесну якість, часову надійність і ресурсний спосіб його досягнення.

Зміст операційної результативності запропоновано розкривати через п'ять взаємопов'язаних властивостей: відповідність процесу, безперервність потоку, прогнозованість, цифрову доказовість і ресурсну екопродуктивність. Відповідність характеризує, наскільки фактична послідовність подій узгоджується з технологічною й управлінською моделлю. Безперервність відображає частку корисного часу в операційному циклі. Прогнозованість визначає стабільність очікуваного завершення. Цифрова доказовість характеризує можливість підтвердити висновок повними, своєчасними та узгодженими записами. Ресурсна екопродуктивність співвідносить створений обсяг або вартість із матеріальним, енергетичним, вуглецевим і відходоутворювальним навантаженням.

Аналітичний інструментарій пропонується організувати як цифровий доказовий контур «джерело – подія – процес – сигнал – причина – інтервенція». Джерелом може бути BIM-модель, CDE, ERP, календарна система, електронний журнал робіт, датчик, телематика техніки, система контролю доступу, лабораторний протокол або цифровий акт. Подія є мінімальною одиницею доказу та має містити ідентифікатор об'єкта або пакета робіт, тип дії, часову мітку, виконавця, ресурс, статус, посилання на документ чи модель і результат контролю.

Набір подій перетворюється на журнал, придатний для *process mining* (*табл.* 2). Після очищення та узгодження ідентифікаторів відтворюються фактичні варіанти процесу, визначається частота переходів, тривалість очікувань, повторні цикли та відхилення від еталонної моделі. Діагностичний сигнал виникає тоді, коли параметр процесу перевищує допустиму межу або демонструє стійку зміну. Причинна інтерпретація потребує зв'язування сигналу з ресурсними, документарними й організаційними подіями. Інтервенція фіксується як частина журналу, що дозволяє оцінити не лише наявність рішення, а і його фактичну дієвість.

Принциповою вимогою є збереження «ланцюга доказів». Кожна узагальнена оцінка повинна розкриватися до первинної події, а кожна подія –

Таблиця 1

Зміна аналітичної логіки оцінювання операційної результативності

Аналітична ознака	Традиційний контроль	Процесно-цифрова діагностика	Управлінський результат
Одиниця аналізу	Показник за звітний період	Подія, операція, варіант процесу, потік	Локалізація джерела відхилення
Часова логіка	Ретроспективна	Поточна та прогнозна	Скорочення запізнення реакції
Порівняння	План – факт	Еталонний процес – фактична траєкторія	Виявлення аномальних переходів
Продуктивність	Виробіток на ресурс	Виробіток з урахуванням очікувань, передавань і переробок	Розкриття прихованих втрат потоку
Цифровізація	Наявність систем	Повнота, своєчасність і верифікованість цифрового сліду	Оцінка довіри до діагнозу
Сталість	Підсумкові екологічні показники	Матеріало-, енерго-, вуглецева інтенсивність операцій	Зв'язок сталості з конкретними процесами
Форма висновку	Рейтинг або середній бал	Діагностичний профіль і відстань до цілі	Вибір адресної інтервенції

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 2

Компоненти цифрового доказового контуру діагностики

Рівень	Основні дані	Аналітична процедура	Діагностичний продукт
Джерела	BIM/CDE, ERP, графік, IoT, телематика, журнали контролю	Інвентаризація та картування даних	Паспорт джерел і відповідальності
Події	Ідентифікатор, дія, час, ресурс, виконавець, статус, документ	Очищення, дедуплікація, синхронізація часу	Стандартизований журнал подій
Процес	Послідовність і переходи між подіями	Виявлення процесів, перевірка відповідності (process discovery, conformance checking)	Фактична карта процесу та його варіанти
Потік	Продуктивний час, очікування, передавання, переробка	Аналіз тривалостей і вузьких місць	Карта втрат потоку
Стала продуктивність	Матеріали, енергія, паливо, відходи, CO_2e	Нормування на створений обсяг або вартість	Профіль ресурсної екопродуктивності
Рішення	Сигнал, причина, відповідальний, строк, результат	Причинна перевірка та post-action review	База дієвості управлінських інтервенцій

Джерело: сформовано авторами з урахуванням [1; 2; 4–8; 13].

мати джерело, відповідального та часову мітку. Це запобігає ситуації, коли графік демонструє формальне виконання, але його оновлення не підтверджується актами, моделлю фактичного стану або ресурсними записами. У термінах ISO 19650 така логіка доповнює інформаційний менеджмент функцією діагностичної верифікації [1; 2].

Коефіцієнт відповідності процесу визначається часткою еталонних переходів, відтворених у фактичному журналі без пропусків, перестановок і несанкціонованих повторів:

$$K_{conf} = 1 - \frac{N_{dev}}{N_{ref}}.\ 0 \le K_{conf} \le 1,$$

де N_{dev} – кількість значущих відхилень від еталонної моделі; N_{ref} – кількість контрольованих переходів.

Показник не передбачає механічного покарання за будь-який варіант процесу. Частина від-

хилень може бути обґрунтованою адаптацією. Тому журнал має розрізняти погоджені зміни та несанкціоновані відхилення.

Коефіцієнт безперервності потоку відображає співвідношення продуктивного часу із загальною тривалістю циклу:

$$K_{flow} = \frac{T_{prod}}{T_{prod} + T_{wait} + T_{hand} + T_{rew}},$$

де T_{prod} – час безпосереднього створення завершеного обсягу; T_{wait} – очікування; T_{hand} – втрати під час передавання фронту або ресурсу; T_{rew} – час переробки.

На відміну від прямого виробітку показник виявляє втрати, що виникають між операціями та не відображаються в нормі часу окремої бригади [9; 10].

Прогнозованість операцій оцінюється через середню абсолютну відносну похибку короткострокового прогнозу обсягу завершення:

$$K_{pred} = \max\left\{0; 1 - \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Q_t - \hat{Q}_t}{Q_t}\right|\right\},$$

де Q_t – фактичний обсяг; $\hat{Q}_t$ – прогнозний обсяг. Висока прогнозованість означає, що виробнича система стабільно перетворює план і ресурси на результат; низька – що навіть формально прийнятний середній виробіток має значну варіативність і створює ризик несинхронності суміжних робіт.

Коефіцієнт цифрової доказовості поєднує повноту верифікованих подій і затримку їх надходження:

$$K_{evid} = \frac{N_{ver}}{N_{reg}} \cdot e^{-\lambda L_{data}},$$

де N_{ver} – кількість підтверджених подій; N_{req} – кількість подій, передбачених інформаційним регламентом; L_{data} – середній лаг внесення даних; λ – параметр чутливості до запізнення.

Показник відрізняє технологічну насиченість від фактичної спостережуваності: велика кількість цифрових систем не створює цінності, якщо записи неповні, несумісні або надходять після втрати можливості вплинути на процес.

Ресурсна екопродуктивність визначається як створена операційна цінність на одиницю зваженого ресурсно-екологічного навантаження:

$$EP_{res} = \frac{V_{op}}{aM + bE + cC + dW},$$

де V_{op} – вартість або фізичний обсяг прийнятого без дефектів результату; M – матеріальні витрати; E – споживання енергії та палива; C – викиди CO_2e; W – невідновлені відходи; *a, b, c, d* – коефіцієнти приведення.

Для міжоб'єктного зіставлення показник нормується відносно цільового або бенчмаркового рівня. Така конструкція дозволяє оцінювати сталу трансформацію не за декларацією про використання технології, а за зміною ресурсоємності фактичного операційного результату [3; 14–16].

Додатковим показником є діагностичний лаг – час від виникнення відхилення до підтвердженого управлінського рішення:

$$L_{diag} = t_{decision} - t_{event}.$$

Величина L_{diag} безпосередньо характеризує здатність цифрової системи скорочувати період некерованого накопичення втрат. Якщо датчик, журнал або модель фіксують подію в реальному часі, але сигнал аналізується лише в місячному звіті, цифровізація не змінює операційної поведінки підприємства.

Показники діагностичного профілю операційної діяльності підприємств наведено в *табл. 3.*

Для збереження декомпозованості результати доцільно подавати як вектор:

$$Z_t = (K_{conf}; K_{flow}; K_{pred}; K_{evid}; K_{ep}; 1 - L^*_{diag}),$$

де K_{ep} – нормована ресурсна екопродуктивність; L^*_{diag} – нормований діагностичний лаг.

Вектор забезпечує видимість профілю та не допускає заміни причинного аналізу одним середнім балом.

Для порівняння періодів або виробничих ділянок запропоновано використовувати відстань до цільового профілю:

$$D_{op} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \beta_j (1 - z_j)^2}, \quad \sum_{j=1}^{m} \beta_j = 1,$$

де z_j – нормована часткова оцінка; β_j – вагомість компонента. Менше значення D_{op} означає більшу близькість до цільової конфігурації.

На відміну від арифметичної суми відстань фіксує накопичення відхилень і дозволяє зберегти часткові координати. Ваги не мають інтерпретуватися як можливість «обмінювати» ресурсну втрату на цифрову повноту; вони відображають значущість координат для конкретного процесу.

Навігаційний коефіцієнт операційної результативності може визначатися з урахуванням швидкості реагування:

$$K_{op} = e^{-D_{op}} (1 - L^*_{diag}).$$

Показник використовується для моніторингу динаміки, але не замінює векторного профілю. Управлінське рішення приймається за координатою з найбільшим внеском у D_{op} та за картою причин, сформованою з журналу подій.

Комбінація процесної відповідності та ресурсної екопродуктивності формує чотири базові стани. «Відтворювально-ощадливий» стан характеризується стабільним процесом і низькою ресурсною

Таблиця 3

Показники діагностичного профілю операційної результативності

Блок	Показник	Основне джерело даних	Управлінська інтерпретація
Відповідність процесу	K_{conf}	Журнал подій, еталонна BPMN/технологічна модель	Частота та локалізація несанкціонованих варіантів
Безперервність потоку	K_{flow}	Календарні події, телематика, work sampling	Частка очікувань, передавань і переробок у циклі
Прогнозованість	K_{pred}	План-факт обсягів у ковзному вікні	Стабільність короткострокового завершення
Цифрова доказовість	K_{evid}	CDE/ERP/BIM/IoT, журнали змін	Довіра до діагнозу та своєчасність даних
Ресурсна екопродуктивність	EP_{res}	Кошторис, облік матеріалів, енергії, палива, відходів	Обсяг бездефектного результату на ресурсне навантаження
Діагностичний лаг	L_{diag}	Журнал сигналів і рішень	Швидкість перетворення даних на дію
Повторюваність дефекту	K_{rep}	NCR, акти контролю, issue log	Нездатність системи навчатися на відхиленнях
Стабільність інтервенції	K_{int}	Аналіз після дії (post-action review)	Збереження поліпшення після управлінського впливу

Джерело: розроблено авторами на основі [4; 6–10; 13–16].

інтенсивністю. «Відтворювально-ресурсомісткий» означає, що підприємство виконує роботу передбачувано, але технологічна або організаційна модель генерує надлишкові матеріальні й енергетичні витрати. «Нестабільно-ощадливий» стан може виникати, коли середні ресурсні показники прийнятні, але фактичні маршрути робіт непередбачувані та залежать від ситуативних рішень. «Нестабільно-ресурсомісткий» стан є системною проблемою, за якої низька керованість процесу поєднується з високими втратами. Цифрова доказовість виконує функцію коефіцієнта впевненості. Якщо K_{evid} низький, підприємство не повинно інтерпретувати навіть позитивний профіль як підтверджений результат. У такому разі першочерговим завданням є не оптимізація виробничого процесу, а відновлення інформаційної дисципліни: синхронізація ідентифікаторів, автоматизація часових міток, усунення дублювання, визначення відповідальних за події та інтеграція систем.

У *табл. 4* наведено типологію діагностичних станів і пріоритети трансформації.

Для демонстрації розглянуто умовну ділянку монолітних робіт. Традиційний контроль за місяць показав виконання планового обсягу на 96% і перевищення кошторису лише на 3%, що могло би бути інтерпретовано як прийнятний стан. Однак журнал подій зафіксував повторні повернення між операціями «армування – контроль – виправлення», несвоєчасне передавання фронтів, простої через очікування крана та затримку внесення актів контролю. Розраховані значення становили: K_{conf} = 0,82; K_{flow} = 0,68; K_{pred} = 0,86; K_{evid} = 0,74; K_{ep} = 0,71; нормована координата швидкості реагування – $1 - L^{*}_{diag}$ = 0,65. За вагами 0,20; 0,20; 0,15; 0,15; 0,20 і 0,10 відстань до цільового профілю дорівнює D_{op} = 0,276, а навігаційний коефіцієнт – K_{op} = 0,493. Отже, позитивний план-факт результат не відображає низької безперервності потоку, обмеженої доказовості та значного діагностичного лагу.

Причинна карта показує, що основний внесок у відхилення формують очікування техніки та повторний контроль армування. Управлінська реакція має бути спрямована не на загальне підвищення темпу, а на зміну правил резервування крана, цифрову фіксацію готовності захватки, попередню перевірку комплектності до виклику інспектора та стандартизацію причин відмови. Після інтервенції оцінюється не лише нове значення K_{flow}, а й стабільність поліпшення протягом декількох циклів. Якщо результат зникає після завершення управлінської уваги, інтервенція не стала частиною операційного стандарту.

Приклад демонструє відмінність діагностики від рейтингового оцінювання. Рейтинг вказує, яка ділянка краща або гірша; діагностика встановлює, у якому елементі процесу сформувалася втрата, наскільки надійно вона підтверджена та яке рішення може змінити механізм формування результату.

Таблиця 4

Типологія діагностичних станів і пріоритети трансформації

Стан	Процесна відповідність	Ресурсна екопродуктивність	Пріоритет управління
Відтворювально-ощадливий	Висока	Висока	Закріплення стандарту, тиражування практики
Відтворювально-ресурсомісткий	Висока	Низька	Технологічна модернізація, матеріальна оптимізація, циркулярні рішення
Нестабільно-ощадливий	Низька	Відносно висока	Стандартизація послідовності, управління передаваннями та варіантами
Нестабільно-ресурсомісткий	Низька	Низька	Перепроєктування процесу, цифрова верифікація, усунення вузьких місць
Непідтверджений	Будь-яка	Будь-яка	Відновлення цифрового сліду та якості даних

Джерело: розроблено авторами.

ОБГОВОРЕННЯ

Запропонований підхід відрізняється від систем оцінювання цифрової зрілості [4–10] тим, що розглядає цифровізацію не як самостійну ціль, а як якість доказового відображення операцій. Дослідження [11; 12] обґрунтовують організаційні передумови цифрової трансформації. У розробленій моделі ці передумови конкретизовано через повноту подій, лаг даних, спільні ідентифікатори та здатність простежити діагноз до первинного запису, що дозволяє оцінювати не тільки готовність до технології, а її фактичну участь у скороченні операційної невизначеності.

На відміну від підходів, зосереджених на візуальній або геометричній синхронізації цифрового двійника, запропонована конструкція акцентує процесну поведінку. Вона розвиває положення C. Boje та співавторів [5], Y. Pan і L. Zhang, [6], О. Кучеренко та ін. [13] щодо data-connected model і сценарного управління, доповнюючи їх вимірюванням відповідності фактичного маршруту, втрат потоку та діагностичного лагу. У цьому контексті цифровий двійник є не кінцевим продуктом, а інфраструктурою формування та перевірки діагностичних гіпотез. Стала трансформація в моделі операціоналізується через ресурсну екопродуктивність і не відокремлюється від виробничої логіки, що доповнює дослідження [14–16]: цифрові технології впливають на циркулярність і вуглецеву інтенсивність лише тоді, коли дані про матеріали, енергію, відходи та повторне використання пов'язані з конкретними операціями. Процесна локалізація дозволяє визначити, чи виникає ресурсна втрата через технологію, логістику, очікування, дефект або управлінську помилку.

Обмеження дослідження пов'язані з концептуально-методичним характером моделі та використанням ілюстративного прикладу. Коефіцієнти приведення матеріального, енергетичного, вуглецевого та відходоутворювального навантаження потребують галузевого калібрування. Process mining залежить від якості ідентифікаторів і часових міток; неповні журнали можуть формувати хибну картину процесу. Крім того, не кожне відхилення від еталонної моделі є негативним: інноваційна або безпеково обґрунтована адаптація повинна класифікуватися окремо. Подальша емпірична перевірка має включати порівняння профілю з фактичними перевитратами, затримками, дефектами та ресурсною інтенсивністю на вибірці підприємств.

ВИСНОВКИ

Операційна результативність будівельного підприємства в умовах цифрової та сталої трансформації має оцінюватися як здатність відтворювати цільовий виробничий потік із контрольованою варіативністю, підтвердженим цифровим слідом і прийнятною ресурсно-екологічною інтенсивністю. Така постановка відрізняється від традиційного контролю плану та продуктивності, оскільки фокусується на механізмі формування результату. Розроблено цифровий доказовий контур «джерело – подія – процес – сигнал – причина – інтервенція» та систему показників, що охоплює відповідність процесу, безперервність потоку, прогнозованість, цифрову доказовість, ресурсну екопродуктивність і діагностичний лаг. Для узагальнення запропоновано векторний профіль і відстань до цільової конфігурації, які зберігають локалізацію відхилень і не підмінюють причинний аналіз середнім рейтингом.

Практична цінність інструментарію полягає в підтримці чотирьох типів рішень: стандартизації операційної послідовності; усунення втрат потоку; скорочення лагу даних і реагування; підвищення ресурсної екопродуктивності. Модель придатна для генеральних підрядників, девелоперів із власною виробничою функцією, інжинірингових компаній і спеціалізованих підрядників, але склад подій, еталонних процесів і коефіцієнтів приведення має адаптуватися до виду робіт.

Перспективи досліджень пов'язані з емпіричним калібруванням показників, побудовою галузевих бенчмарків і створенням програмного прототипу, інтегрованого з BIM, CDE, ERP та IoT, поєднанні process mining, цифрового ланцюга доказів і ресурсної екопродуктивності в єдиному інструментарії операційної діагностики. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. International Organization for Standardization. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles. Geneva : ISO, 2018. URL: https://www.iso.org/standard/68078.html
2. International Organization for Standardization. ISO 19650-2:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 2: Delivery phase of the assets. Geneva : ISO, 2018. URL: https://www.iso.org/standard/68080.html
3. European Commission. Level(s): European framework for sustainable buildings. User manuals. Brussels : European Commission, 2021. URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en
4. van der Aalst W. M. P. Process Mining: Data Science in Action. 2nd ed. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2016. 467 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4
5. Boje C., Guerriero A., Kubicki S., Rezgui Y. Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. *Automation in Construction*. 2020. Vol. 114. Art. 103179. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179
6. Pan Y., Zhang L. A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management. *Automation in Construction*. 2021. Vol. 124. Art. 103564. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103564
7. Martinez Lagunas A. J., Nik-Bakht M. Process Mining, Modeling, and Management in Construction: A Critical Review of Three Decades of Research Coupled with a Current Industry Perspective. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2024. Vol. 150. No. 11. P. 1–23. DOI: https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14727
8. Wang Y., Liao S., Gong Z., Deng F., Yin S. Enhancing Construction Management Digital Twins Through Process Mining of Progress Logs. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. No. 22. Art. 10064. DOI: https://doi.org/10.3390/su162210064.
9. Rathnayake A., Murguia D., Middleton C. Measuring Activity-Level Construction Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2024. Vol. 150. No. 8. Art. 04024099. DOI: https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14602
10. Murguia D., Rathnayake A., Jansen van Vuuren T., Middleton C. Measuring Construction Productivity across Projects: Multilevel Three-Dimensional Framework. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2024. Vol. 150. No. 11. Art. 04024151. DOI: https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14850
11. Хоменко О. М., Петренко Г. С., Рижакова Г. М. та ін. Сучасні інструменти та програмні продукти адміністрування будівельними організаціями в умовах трансформації операційних систем менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. 2022. Вип. 52. С. 113–125. DOI: https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.113-125
12. Аксельрод Р. Б., Шпаков А. В., Рижакова Г. М. Економіко-управлінські предиктори трансформації операційних систем будівельного девелопменту в умовах цифровізації економіки. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2021. № 12. С. 113–121. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.6090221
13. Кучеренко О. І., Рижакова Г. М., Чуприна Х. М. та ін. Науково-прикладні компоненти формування стратегії інституційно-орієнтованої диверсифікації діяльності будівельних підприємств. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 47. С. 109–118. DOI: https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.109-118
14. Рижакова Г. М., Кіщак Н. Г., Хоменко О. М. та ін. Сучасний вектор оновлення будівельного девелопменту в контексті стратагем Integrated Project Delivery. *Управління розвитком складних систем*. 2022. Вип. 49. С. 113–123. DOI: https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.49.113-123
15. Кричевська Ю. В., Рижакова Г. М., Шпаков А. В. та ін. Цифрова екосистема в будівельному девелопменті: концептуально-теоретичні аспекти трансформації та управлінські імперативи. *Управління розвитком складних систем*. 2024. Вип. 60. С. 174–182. DOI: https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182

16. Ратніков Д. Г., Фесун А. С., Рижакова Г. М., Хоменко О. М. FINTECH-рішення в координатах цифрової економіки: нові параметри економічної безпеки та стратегічні вектори розвитку підприємств. *Просторовий розвиток*. 2026. № 16. С. 591–601. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.591-601
17. Trach R., Chupryna I., Tormosov R., et al. Decision Support Framework for Post-War Infrastructure Revitalization Using a Hybrid Fuzzy–Simulation–ANN Model. *Applied Sciences*. 2026. Vol. 16. Iss. 9. Art. 4364. DOI: https://doi.org/10.3390/app16094364

REFERENCES

Akselrod R. B., Shpakov A. V. & Ryzhakova H. M. (2021). Ekonomiko-upravlinski predyktory transformatsii operatsiinykh system budivelnoho developmentu v umovakh tsyfrovizatsii ekonomiky [Economic and managerial predictors of transformation of operational systems of construction development in the conditions of economic digitalization]. *Formuvannia rynkovykh vidnosyn v Ukraini, 12*, 113–121. https://doi.org/10.5281/zenodo.6090221

Boje C., Guerriero A., Kubicki S. & Rezgui Y. (2020). Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. *Automation in Construction, 114*. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179

European Commission. (2021). *Level(s): European framework for sustainable buildings. User manuals*. Brussels: European Commission. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles*. Geneva: ISO. https://www.iso.org/standard/68078.html

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-2:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 2: Delivery phase of the assets*. Geneva: ISO. https://www.iso.org/standard/68080.html

Khomenko O. M., Petrenko H. S. & Ryzhakova H. M. (2022). Suchasni instrumenty ta prohramni produkty administruvannia budivelnymy orhanizatsiiamy v umovakh transformatsii operatsiinykh system menedzhmentu [Modern tools and software products for administering construction organizations in the conditions of transformation of operational management systems]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, 52*, 113–125. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.113-125

Krychevska Yu. V., Ryzhakova H. M. & Shpakov A. V. (2024). Tsyfrova ekosystema v budivelnomu developmenti: kontseptualno-teoretychni aspekty transformatsii ta upravlinski imperatyvy [Digital ecosystem in construction development: conceptual and theoretical aspects of transformation and managerial imperatives]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 60, 174–182. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182

Kucherenko O. I., Ryzhakova H. M. & Chupryna Kh. M. (2021). Naukovo-prykladni komponenty formuvannia stratehii instytutsiino-oriientovanoi dyversyfikatsii diialnosti budivelnykh pidpryiemstv [Scientific and applied components of forming a strategy of institutionally oriented diversification of construction enterprises' activities]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, 47*, 109–118. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.109-118

Martinez Lagunas A. J. & Nik-Bakht M. (2024). Process Mining, Modeling, and Management in Construction: A Critical Review of Three Decades of Research Coupled with a Current Industry Perspective. *Journal of Construction Engineering and Management, 150*(11), 1–23. https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14727

Murguia D., Rathnayake A., Jansen van Vuuren T. & Middleton C. (2024). Measuring Construction Productivity across Projects: Multilevel Three-Dimensional Framework. *Journal of Construction Engineering and Management, 150*(11). https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14850

Pan Y. & Zhang L. (2021). A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management. *Automation in Construction, 124*. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103564

Rathnayake A., Murguia D. & Middleton C. (2024). Measuring Activity-Level Construction Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management, 150*(8). https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14602

Ratnikov D. H., Fesun A. S., Ryzhakova H. M. & Khomenko O. M. (2026). FINTECH-rishennia v koordynatakh tsyfrovoi ekonomiky: novi parametry ekonomichnoi bezpeky ta stratehichni vektory rozvytku pidpryiemstv [FINTECH-solutions in the coordinates of the digital economy: new parameters of economic security and strategic vectors of enterprise development]. *Prostorovyi rozvytok, 16*, 591–601. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.591-601

Ryzhakova H. M., Kishchak N. H. & Khomenko O. M. (2022). Suchasnyi vektor onovlennia budivelnoho developmentu v konteksti stratahem Integrated Project Delivery [Modern vector of construction development renewal in the context of Integrated Project Delivery stratagems]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, 49*, 113–123. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.49.113-123

Trach R., Chupryna I. & Tormosov R. (2026). Decision Support Framework for Post-War Infrastructure Revitaliza-

tion Using a Hybrid Fuzzy–Simulation–ANN Model. *Applied Sciences, 16*(9). https://doi.org/10.3390/app16094364
van der Aalst W. M. P. (2016). Process Mining: Data Science in Action. Berlin ; Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4
Wang Y., Liao S., Gong Z., Deng F. & Yin S. (2024). Enhancing Construction Management Digital Twins Through Process Mining of Progress Logs. *Sustainability, 16*(22). https://doi.org/10.3390/su162210064

Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.
Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.
Під час підготовки рукопису використовувався інструмент генеративного штучного інтелекту ChatGPT для формування чернеток окремих фрагментів та стилістичного редагування анотації англійською мовою. Автори несуть повну відповідальність за остаточний текст, формули, наукові положення та висновки.

Стаття надійшла до редакції / Received: 13.09.2026
Статтю прийнято до публікації / Accepted: 26.09.2026
Оприлюднено / Published: 19.10.2026

УДК 657.6:004.9:614.2
JEL: I18; M42; O33
DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-9-260-275

ВНУТРІШНІЙ КОНТРОЛЬ ЕЛЕКТРОННОЇ МЕДИЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

©2026 **ГОЛОВАЧКО В. М., ГЕРИЧ М. С., ГОЛОВАЧКО А. В.**

УДК 657.6:004.9:614.2
JEL: I18; M42; O33

Головачко В. М., Герич М. С., Головачко А. В. Внутрішній контроль електронної медичної документації в умовах цифровізації охорони здоров'я

Прогалина полягає у відсутності цілісної методики, що одночасно охоплює якість даних, законність оброблення, доступ, авторство, інтероперабельність, відновлюваність і журнали подій як контрольні докази. Метою статті є теоретичне обґрунтування та розроблення ризик-орієнтованої методики внутрішнього контролю електронної медичної документації. Застосовано нормативно-документальний аналіз українських і європейських актів, структурований цільовий огляд рецензованих праць 2020–2026 рр., порівняльне зіставлення вимог ISO 27799:2025, ISO/IEC 27001:2022 та Глобальних стандартів внутрішнього аудиту, процесну декомпозицію, ризик-орієнтоване моделювання, сценарне тестування й аналіз чутливості. За результатами визначено дев'ять контрольних цілей: законність і визначена мета; правильна ідентифікація; повнота; точність і правдоподібність; своєчасність; конфіденційність і мінімально необхідний доступ; цілісність і авторство; доступність і відновлюваність; простежуваність та інтероперабельність. Розроблено матрицю для восьми ділянок життєвого циклу документації, яка пов'язує ризики з превентивними, виявляльними й коригувальними процедурами та доказами їх виконання. Запропоновано розподіл відповідальності за моделлю трьох ліній, десять кількісних індикаторів, формулу залишкового ризику та інтегральний індекс зрілості контролю з п'ятьма рівнями. Сценарне тестування дало модельне зменшення сукупного ризику зі 135 до 47,84 бала (64,56%); сценарний індекс зрілості становив 42,50% за цільового значення 80,00%. За незмінної номінальної результативності 80% зниження надійності доказу від 1,00 до 0,60 збільшує залишковий ризик із 5,00 до 13,00. Наукова новизна полягає в інтеграції нормативних і медичних вимог, вимог інформаційної безпеки та внутрішнього аудиту, а також у застосуванні коефіцієнта D для коригування результативності контролю та залишкового ризику з урахуванням надійності контрольного доказу. Практична цінність результатів визначається можливістю використання матриці як основи локального положення, програми внутрішнього аудиту, технічного завдання до медичної інформаційної системи та управлінської панелі показників. Сценарні результати демонструють узгодженість алгоритму, але не є емпіричною оцінкою ефекту; ваги, пороги та параметри потребують локальної калібрації й валідації на знеособлених даних.
Ключові слова: *внутрішній контроль; електронна медична документація; електронна система охорони здоров'я; медична інформаційна система; якість даних; аудит-лог; захист персональних даних; ризик-орієнтований підхід.*
Табл.: *9.* ***Формул:*** *6.* ***Бібл.:*** *19.*

Головачко Василь Михайлович *– кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри обліку і оподаткування та маркетингу, Мукачівський державний університет (вул. Ужгородська, 26, Мукачево, 89600, Україна)*
E-mail: *wasjahol1980@gmail.com*
ORCID: *https://orcid.org/0000-0002-5993-0873*

Герич Мирослава Сергіївна *– кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри теорії ймовірностей і математичного аналізу, Ужгородський національний університет (пл. Народна, 3, Ужгород, 88000, Україна)*
E-mail: *miroslava.gerich@uzhnu.edu.ua*
ORCID: *https://orcid.org/0000-0001-9634-5254*

Головачко Анастасія Василівна *– магістрант, Львівський національний медичний університет імені Короля Данила (вул. Пекарська, 69, Львів, 79010, Україна)*
E-mail: *anastasiagolovacko@gmail.com*
ORCID: *https://orcid.org/0009-0006-9879-9229*

UDC 657.6:004.9:614.2
JEL: I18; M42; O33

Holovachko V. M., Herych M. S., Holovachko A. V. Internal Control of Electronic Medical Documentation in the Context of Healthcare Digitalization
The research gap lies in the absence of an integrated methodology that simultaneously covers medical data quality, lawful processing, access management, authorship of electronic records, interoperability, recoverability, and the use of event logs as control evidence. The article aims to substantiate and develop a risk-based methodology for the internal control of electronic medical documentation. Methods include analysis of Ukrainian and EU acts, a structured review