

DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49\(2\).256-264](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(2).256-264)
УДК 658.5:69:005.334:004.8:502.131.1

Денис ГЕРГІ

здобувач

Андрій ДЕМЧУК

здобувач

Іван КОШЕЛЬНИЙ

здобувач

Сергій БУНЯК

здобувач

Олександр ПЕТРЕНКО

здобувач

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ

ЕКОНОМІКО-АНАЛІТИЧНІ МОДЕЛІ ДІАГНОСТИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ

Стаття присвячена формуванню цілісної рамки економіко-аналітичних моделей діагностики продуктивності підприємств будівельного девелопменту з урахуванням еволюції підходів від індексних і виробничо-функціональних вимірювань до цифровізованих, ризик-коригованих та ESG-орієнтованих систем. Обґрунтовано, що продуктивність девелопера визначається не лише параметрами будівельного майданчика, а насамперед тривалістю та керованістю всього циклу «земля → проектування/дозволи → будівництво → продажі/експлуатація», де ключовими є швидкість капіталізації та темп абсорбції. На теоретичному рівні показано континуум понять «операційна ефективність — результативність — продуктивність» та їх розмежування у вимірюванні: від ресурсної віддачі (output/input) і багатофакторної продуктивності (TFP) до мультикритеріальних панелей (BSC/MCDA), що інтегрують часові, фінансові, якісні й клієнтоорієнтовані індикатори. Методологічно окреслено еволюцію від контролінгу проєктів (EVM, PERT/CPM) і порівняльної ефективності (DEA/SFA, Malmquist TFP) до BIM-інтегрованих 4D/5D-моделей, процес-майнінгу ERP/BIM-подій та цифрових двійників, доповнених прогностичними моделями ML/AI. Запропоновано інтерпретацію продуктивності як ризик- та ESG-скоригованої величини, що поєднує «вартість часу» (cash-in-time productivity), варіативність строків/якості (robust/ CVaR-метрики) і вуглецево-енергетичні показники (m^2 на т CO_2e , енергоємність EBITDA). Практична цінність полягає у наданні дорожньої карти вибору моделей для різних горизонтів управління: оперативного (EVM+Lean KPI), тактичного (DES/процес-майнінг для «вузьких місць» погоджень і логістики) та стратегічного (портфельний цифровий двійник із

сценарним NPV/IRR і ESG-обмеженнями). Результати можуть бути застосовані для стандартизації систем управління продуктивністю у девелоперських компаніях, раннього виявлення ризиків затримок і оптимізації портфеля проєктів з огляду на капітал, попит і регуляторні умови.

Ключові слова: *будівельний девелопмент, операційна ефективність, результативність, продуктивність, інноваційна діяльність, цифровізація операційної діяльності, бізнес-процес, ESG, ризик-кориговані метрики.*

Постановка проблеми. Операційна ефективність у класичній управлінській науці визначається як оптимізація використання ресурсів — часу, матеріалів, капіталу, персоналу — для забезпечення максимальної віддачі при мінімальних витратах. У будівельному девелопменті це поняття охоплює логістику матеріалів, швидкість проходження стадій проєкту, координацію субпідрядників, мінімізацію простоїв і втрат, а також контроль над витратами. Епістемологічно воно формується у площині операційного менеджменту, але в умовах девелопменту набуває специфічного змісту через складність багатопроєктного середовища. Тут операційна ефективність постає не як кінцева ціль, а як системна передумова результативності та продуктивності, що створює умови для досягнення вищих рівнів результатів.

Аналіз досліджень і публікацій. Результативність у наукових дефініціях ототожнюється з мірою досягнення поставлених цілей. У будівельному девелопменті вона проявляється у реалізації об'єктів відповідно до термінів, кошторису, якості та нормативних вимог, а також у відповідності очікуванням замовників та інвесторів. Вона виникає як категорія цільової раціональності (М. Е. Porter [1], N. Slack [2], M. Hammer [3], M. Weber [4], P. F. Drucker), що передбачає узгодження множини критеріїв. Для девелопера результативність має багатовимірний вимір: технічний (введення об'єкта в експлуатацію), фінансовий (досягнення планових показників IRR, ROI), соціальний (створення комфортного середовища), екологічний (ESG-вимоги). Таким чином, результативність залежить від операційної ефективності, але виходить за її межі, включаючи стратегічні та інституційні критерії.

Продуктивність у класичному розумінні є співвідношенням між обсягом випущеної продукції або наданих послуг та використаними ресурсами. У девелопменті це насамперед вимір ресурсної віддачі: кількість збудованих квадратних метрів на одного працівника, вартість створеного активу відносно до витрат, кількість завершених проєктів за період при наявному штаті та капіталі. У науковій традиції продуктивність розглядається як первинна категорія економічної теорії виробництва (A. Smith [5], R. M. Solow [6], M. Abramovitz [7]). Для

девелоперських підприємств вона є матеріальною формою вираження ефективності, що надає вимірюваність процесам, які втілюють результативність. Вона об'єктивує взаємозв'язок між операційною ефективністю, яка відповідає за якість використання ресурсів, та результативністю, яка демонструє ступінь досягнення цілей.

У гносеологічному плані ці три категорії утворюють онтологічний континуум: операційна ефективність виступає способом організації процесу та внутрішньою раціональністю, результативність є зовнішньою відповідністю до цілей і очікувань, а продуктивність виконує роль кількісного індикатора, що об'єднує перші дві категорії в економічну практику. Як зазначено у працях українських науковців [8-11] у будівельному девелопменті цей континуум особливо важливий, адже підприємства одночасно функціонують у площині операційного менеджменту, стратегічного управління та економічного аналізу. Гносеологічно операційна ефективність, результативність і продуктивність не є тотожними, а відображають різні рівні пізнання й управління: від процесуальної оптимізації через цільову відповідність до економіко-ресурсної вимірюваності. У контексті девелоперських підприємств вони формують системну парадигму управління [12-15], де ефективність забезпечує продуктивність, а продуктивність дозволяє оцінити результативність.

Мета статті — теоретично обґрунтувати й методично сформувати інтегровану модель діагностики продуктивності підприємств будівельного девелопменту як ризик- та ESG-скоригованої величини, що враховує «вартість часу», варіативність строків/якості та вуглецево-енергетичні індикатори; систематизувати еволюцію економіко-аналітичних підходів до вимірювання продуктивності; розробити дорожні карти вибору моделей для оперативного, тактичного і стратегічного горизонтів управління; визначити вимоги до даних, нормування й калібрування параметрів та надати практичні рекомендації для впровадження у портфельному управлінні девелоперських компаній.

Виклад основного матеріала. Еволюція економіко-аналітичних моделей діагностики продуктивності підприємств будівельного девелопменту має виразний хронологічний характер і відображає поступовий перехід від простих обліково-статистичних індикаторів до складних цифрових систем прогнозування й управління. Початкові підходи першої половини XX ст. ґрунтувалися на елементарному співвідношенні результату та витрат ресурсів, зокрема у вигляді часткових індексів продуктивності праці чи матеріалів, а також ранніх виробничих функцій типу Кобба–Дугласа. Такі методи дозволяли зафіксувати загальні закономірності віддачі ресурсів, але були обмежені статичним характером вимірювань (табл. 1). Англomовна наукова література оперує кількома «паралельними» поняттями: *efficiency* та

productivity ближчі до вимірюваних показників, тоді як *effectiveness* та *performance* відображають досягнення цілей. У науковій традиції вони формують так само, як і в українському дискурсі, триєдину систему: *efficiency* → *productivity* → *effectiveness/performance*.

Таблиця 1

Кореляція дефініцій у вітчизняному та міжнародному науковому дискурсі

Українська дефініція	Англомовний аналог	Сутність	Автори
Операційна ефективність	Operational Efficiency	Оптимізація використання ресурсів, мінімізація витрат при збереженні якості процесів	Porter, M. E. (1980). <i>Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors</i> (pp. 1–396). New York, NY: Free Press.
	Operational Effectiveness	Поліпшення бізнес-процесів, уникнення дублювання, контроль витрат	Porter, M. E. (1996). What is strategy? <i>Harvard Business Review</i> , 74(6), 61–78.
Результативність	Effectiveness	Досягнення цілей незалежно від витрат ресурсів	Drucker, P. F. (1954). <i>The practice of management</i> (pp. 1–404). New York, NY: Harper & Row.
	Performance / Organizational Performance	Вимірювання ступеня досягнення стратегічних і операційних цілей	Venkatraman, N., & Ramanujam, V. (1986). Measurement of business performance in strategy research. <i>Academy of Management Review</i> , 11(4), 801–814.
	Organizational Effectiveness	Здатність організації забезпечувати узгодження цілей і результатів	Katz, D., & Kahn, R. L. (1978). <i>The social psychology of organizations</i> (pp. 1–838). New York, NY: Wiley.
Продуктивність	Productivity	Співвідношення output/input, вимір ефективності праці чи капіталу	Smith, A. (1776/1999). <i>The wealth of nations</i> (Books I–V, pp. 1–1152). London, UK: Penguin Classics.
	Labor Productivity / Total Factor Productivity	Оцінка віддачі праці чи сукупних факторів виробництва	Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. <i>The Review of Economics and Statistics</i> , 39(3), 312–320.
	Resource and Output Trends	Аналіз ресурсної віддачі в економіці	Abramovitz, M. (1956). Resource and output trends in the United States since 1870. <i>American Economic Review</i> , 46(2), 5–23.

У другій половині XX ст. розвиток економічної теорії зумовив поширення концепції багатофакторної продуктивності та методів «growth accounting», що дали змогу виокремлювати внесок капіталу й праці у

зростання випуску та виявляти «залишок Солоу» як індикатор технологічного прогресу. Для будівельного девелопменту ця методологія була важливою у контексті планування інвестиційних циклів, де тривалість проєкту й вартість фінансування безпосередньо впливали на інтегральну продуктивність. У цей же період увійшли у практику методи сіткового планування (PERT, CPM), що зробили можливим поєднання часових та вартісних параметрів і сформували основу для подальшого контролінгу.

Наприкінці 1970-х – 1990-х років з'явилися інструменти діагностики динаміки продуктивності у реальному часі. Earned Value Management дозволив зіставляти «зароблену вартість» з бюджетом і графіком, забезпечуючи регулярний моніторинг відхилень. Паралельно у науковому середовищі сформувалися методи DEA та SFA, які дали змогу оцінювати відносну ефективність різних підприємств або проєктів без припущення про єдину функцію виробництва. Це розширило можливості діагностики, дозволяючи визначати «фронтир» продуктивності та виявляти природу відхилень – випадкових чи системних.

На межі століть у науковий і практичний дискурс увійшли процесно-орієнтовані підходи та мультикритеріальні системи оцінювання. Запровадження Lean Construction та Last Planner підкреслило значення зменшення варіативності у будівельних потоках та підвищення стабільності темпів робіт. Balanced Scorecard та методи багатокритеріального аналізу (AHP, TOPSIS) дозволили інтегрувати до діагностики продуктивності як часові й фінансові параметри, так і соціальні чи клієнтоорієнтовані індикатори. У сфері девелопменту це означало перехід від оцінки продуктивності на рівні окремого майданчика до аналізу портфеля проєктів.

З середини 2000-х ключову роль почали відігравати інформаційні технології. Інтеграція BIM-моделей із часовими та вартісними параметрами забезпечила можливість точного відстеження продуктивності на рівні робочих операцій. Водночас поширення індексу Malmquist TFP дозволило вимірювати зміни продуктивності у часі, розкладаючи їх на ефект підвищення ефективності та технологічного зсуву. Цей етап ознаменувався поступовим переходом від статичного аналізу до безперервної аналітики.

Упродовж 2010-х років розвиток IoT, сенсорних систем і методів процес-майнінгу радикально розширив можливості діагностики. Підприємства отримали доступ до високочастотних даних із будівельних майданчиків, що дозволило моделювати продуктивність у дискретно-подієвому форматі, виявляти «вузькі місця» у логістиці та проєктних погодженнях, а також прогнозувати сценарії перебігу будівельних процесів. Важливим стало усвідомлення того, що продуктивність девелопера визначається не лише швидкістю виконання будівельних робіт, а й ефективністю передпроєктних і дозвільних процедур.

Таблиця 2

**Дорожні карти вибору моделей за горизонтами управління
(оперативний, тактичний, стратегічний)**

Горизонт управління	Мега	Дані	Моделі	Кроки вибору	Метрики
Оперативний (EVM + Lean KPI)	Щотижнева стабілізація темпів і бюджету	Фактичні обсяги / витрати, 4D-план, журнали відхилень	EVM (CPI, SPI, TCPI), Lean-KPI (такт, пропускна здатність, % переробок, ОЕЕ ділянок)	• Якщо SPI < 0.95 або CPI < 0.95 — коригування такту та ресурсне вирівнювання. • Якщо % переробок > 3–5% — «first-time-right» перевірки креслень / RFI-борд. • Якщо критичні дії «червоні» > 3 днів — негайне перепланування буферів.	Тижневий дашборд, перелік коригувальних дій, оновлений базовий план
Тактичний (DES / процес-майнінг)	Усунення «вузьких місць» погоджень і логістики за 1–3 місяці	Логи ERP/BIM (RFI, CO, погодження), телематика, постачання, пропуски	Discrete-Event Simulation; черги (WIP, wait time); process mining (Heuristic / Alpha Miner, conformance, bottleneck ratio)	• Якщо середній wait time > SLA — альтернативні маршрути / делегування, новий SLA. • Якщо завантаження кранів/ліфтів > 80% і є черги — DES для слотування поставок / «тихих години». • Якщо частка CO > 10% — майнінг причин і «замороження дизайну» з поетапним релізом.	Сценарний план (A/B), економія днів/витрат, нові правила логістики та погоджень
Стратегічний (портфельний цифровий двійник + NPV/IRR + ESG)	Оптимізація послідовності та фінансування портфеля на 12–36 міс	Капілан, продажі / абсорбція, ставки капіталу, вуглецево-енергетичні профілі	Цифровий двійник портфеля (BIM + фінмодель), сценарії NPV/IRR, Monte Carlo, CVaR, ESG-обмеження (carbon budget, energy intensity)	• Якщо IRR по фазі < порога — перевпорядкувати черговість / масштабування черг проекту. • Якщо CVaR по строках в	

Сучасний етап характеризується використанням цифрових двійників, машинного навчання та інтеграцією ESG-метрик. Продуктивність

діагностується не тільки через економічні та часові параметри, а й крізь призму ризик-коригованих показників та сталого розвитку (табл. 2). Машинне навчання дозволяє прогнозувати просідання продуктивності залежно від зовнішніх факторів (погодні умови, перебої у поставках), тоді як цифрові двійники формують симуляційні моделі портфелів проєктів із врахуванням альтернативних сценаріїв. Водночас у практику входять екологічно орієнтовані метрики, що поєднують економічну віддачу з вуглецевим слідом та енергоефективністю.

Продуктивність підприємств будівельного девелопменту доцільно інтерпретувати як інтегровану категорію, що виходить за межі класичного співвідношення «результат/ресурс» і включає багатовимірну оцінку із корекцією на ризикові та екологічно-соціальні чинники. У цьому підході продуктивність постає не стільки статичним індикатором, скільки динамічною величиною, яка відображає чутливість девелоперських процесів до часових затримок, варіативності якості виконання та екстерналій сталого розвитку. Одним із ключових аспектів такої інтерпретації є «вартість часу» (cash-in-time productivity), що визначає швидкість перетворення вкладеного капіталу у позитивний грошовий потік. Для девелоперських компаній це означає, що навіть незначні збої у графіку реалізації або погодженнях можуть генерувати значні фінансові втрати через подорожчання залученого капіталу, зниження темпу абсорбції ринку та падіння внутрішньої норми дохідності.

Висновки. Еволюція моделей діагностики продуктивності в будівельному девелопменті відбувалася у напрямі від простих, ретроспективних вимірювань до складних, інтегрованих та проактивних систем. Якщо на початкових етапах головним завданням було фіксувати співвідношення результату й ресурсу, то сьогодні продуктивність розглядається як багатовимірна характеристика, що охоплює економічні, часові, ризикові та екологічні аспекти і слугує основою стратегічного управління портфелем проєктів.

References

1. Porter, M. E. (1980). *Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors* (pp. 1–396). New York, NY: Free Press.
2. Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. (2010). *Operations management* (6th ed., pp. 1–732). Harlow, UK: Pearson Education.
3. Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution* (pp. 1–223). New York, NY: Harper Business.
4. Weber, M. (1978). *Economy and society: An outline of interpretive sociology* (pp. 1–1469). Berkeley, CA: University of California Press.
5. Drucker, P. F. (1954). *The practice of management* (pp. 1–404). New York, NY: Harper & Row.
6. Smith, A. (1776/1999). *The wealth of nations* (Books I–V, pp. 1–1152). London, UK: Penguin Classics.

6. Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312–320. <http://doi.org/10.2307/1926047>
7. Abramovitz, M. (1956). Resource and output trends in the United States since 1870. *American Economic Review*. 46(2). 5–23.
8. Marchuk, T., Rvzhakov, D., Rvzhakova, G., & Stetsenko, S. (2017). Identification of the basic elements of the innovation analytical platform for energy efficiency in project financing. *Investment management and financial innovations*, 14(4). 12–20. doi:10.21511/imfi.14(4).2017.02
9. Honcharenko, T., Borodavka, Y., Rvzhakova, G., Rvzhakov, D., Savenko, V., & Polosenko, O. (2021). Method for representing spatial information of topological relations based on a multidimensional data model. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 16(7), 802–809.
10. R. Tormosov, I. Chupryna, G. Rvzhakova, V. Pokolenko, D. Prykhodko and A. Faizullin, "Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development," *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, Nur-Sultan, Kazakhstan, 2021, pp. 1–9, doi: 10.1109/SIST50301.2021.9465993.
11. Tetiana Honcharenko, Yuri Chupryna, Iryna Ivakhnenko, Miroslava Zinchenko, Tetiana Tsvfra Reengineering of the Construction Companies Based on BIM-technology International Journal of Emerging Trends in Engineering Research Volume 8. No. 8. August 2020 pp. 4166–4172. SCOPUS Available Online at <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/22882020>
12. Biloshchytskvi, A., Kuchansk, A., Andrashko, Y., Omirbavev, S., Mukhatayev, A., Faizullin, A., Toxanov, S.,—Development of the Set Models and a Method to form Information Spaces of Scientific Activity Subjects for the Steady Development of Higher Education Establishments, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3, pp. 6–14, 2021, <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233655>.
13. Rvzhakova G., Pokolenko V., Malvkhina O., Predun K. Structural Regulation of Methodological Management Approaches and Applied Reengineering Tools for Enterprises-Developers in Construction International Journal of Emerging Trends in 8(10), 2020. p.7560-7567.
14. Andriyiv N., Zachepa A., Petrukha N., Shevchuk I., Berest I. Informational Aspects of Changing the Labor Market of the EU and Ukraine Through COVID-19. International Journal of Computer Science and Network Security, 2021. № 12. P. 657–663. DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.12.90>
15. Chupryna, G. Ryzhakova, V. Pokolenko, D. Prykhodko and A. Faizullin, "Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development," *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, 2021, pp. 1–9, doi: 10.1109/SIST50301.2021.9465993.

Denys Gergi, Andrii Demchuk, Ivan Koshelnyi, Serhii Buniak, Oleksandr Petrenko. Economic-analytical models for diagnosing the productivity of construction development enterprises

The article develops an integrated framework of economic-analytical models for diagnosing the productivity of construction development enterprises, tracing the evolution from index-based and production-function measurements to digitalized, risk-adjusted and ESG-oriented systems. It substantiates that a developer's productivity is shaped not only by on-site parameters but primarily by the duration and controllability of the entire cycle "land → design/permits → construction → sales/operation," where capitalization speed and market absorption rate are pivotal. At the theoretical level, it clarifies the continuum "operational efficiency — effectiveness — productivity" and their measurement demarcation: from resource return (output/input) and total factor productivity (TFP) to multi-criteria panels (BSC/MCDA) integrating time, financial, quality, and client-oriented indicators. Methodologically, it outlines the shift from project controlling (EVM, PERT/CPM) and comparative efficiency (DEA/SFA, Malmquist TFP) to BIM-integrated 4D/5D models, process mining of ERP/BIM events, and digital twins enhanced with ML/AI forecasting. The study proposes interpreting productivity as a risk- and ESG-adjusted magnitude that combines "cash-in-time productivity," schedule/quality variability (robust/CVaR metrics), and carbon-energy indicators (m^2 per t CO_{2e}, EBITDA energy intensity). Practical value lies in roadmaps for selecting models across managerial horizons: operational (EVM + Lean KPI), tactical (DES/process-mining for approval and logistics bottlenecks), and strategic (portfolio-level digital twin with scenario-based NPV/IRR and ESG constraints). The results can be applied to standardize productivity management systems in development companies, support early detection of delay risks, and optimize project portfolios considering capital, demand, and regulatory conditions.

Keywords: construction development, operational efficiency, effectiveness, productivity, innovation activity, digitalization of operations, business process, ESG, risk-adjusted metrics.

Посилання на статтю

АРА Herhi D., Demchuk A., Koshelnyi I., Buniak S., Petrenko O. (2022). Ekonomiko-analitychni modeli diahnostryky produktyvnosti pidpriemstv budivelnoho developmentu [Economic-analytical models for diagnosing the productivity of construction development enterprises]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 49(2), 256-264.

ДСТУ: Гергі Д., Демчук А., Кошельний І., Буняк С., Петренко О. Економіко-аналітичні моделі діагностики продуктивності підприємств будівельного девелопменту [Текст] *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. № 49(2). С. 256-264.