

DOI: 10.32347/2412-9933.2026.65.212-119

УДК 378.14:005.6

**Дудник Юрій Павлович**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0701-3835>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Кандидат педагогічних наук, доцент, перший проректор

**Бойко Євгенія Григорівна**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4258>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Кандидатка технічних наук, доцентка кафедри управління проектами

**Історія статті:**

Надійшла: 30.01.2026

Прийнята: 25.02.2026

Опублікована: 26.03.2026

## МОНІТОРИНГ ОЩАДЛИВОГО НАВЧАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНІХ ПОСЛУГ У КНУБА

**Анотація.** Обґрунтовано та розроблено концептуальні засади системи моніторингу оцідливого навчання (*Lean learning*) як цифрового інструменту підвищення якості освітніх послуг у КНУБА відповідно до міжнародних ESG-стандартів. Дослідження спрямоване на розв'язання проблеми переходу від традиційного адміністративного управління до гнучкої моделі сталого розвитку, що базується на мінімізації часових, ресурсних та інтелектуальних втрат у навчальному середовищі. Зокрема, ідентифіковано критичні точки виникнення неефективності в освітніх та допоміжних бізнес-процесах університету, що дозволило адаптувати інструментарій оцідливого виробництва до специфіки вищої інженерно-будівельної освіти. Метою роботи є формування інтегрованого підходу до моніторингу ефективності освітніх процесів шляхом поєднання *Lean*-методології з критеріями сталого розвитку (*Environmental, Social, Governance*). Здійснено декомпозицію стратегічних цілей ESG на операційні цифрові KPI, що дозволяє відстежувати стан освітнього середовища в режимі реального часу. Використання хмарних технологій та аналітичних дашбордів забезпечує прозорість фідбеку між усіма учасниками освітньої екосистеми. Наукова новизна полягає у розробці математичної моделі інтегрального індексу оцідливого навчання, заснованої на методах багатокритеріального аналізу. Запропонована модель дозволяє нормувати різномірні показники (від енергоефективності до задоволеності здобувачів контентом) та кількісно оцінювати ефективність управлінських рішень. Програмна реалізація моделі в середовищі RStudio продемонструвала значну чутливість системи до впровадження *Kaizen*-пропозицій, що забезпечує приріст інтегральної ефективності управління університетом на 79,5%. Практичне значення результатів полягає у можливості впровадження розробленого цифрового контуру моніторингу в управлінську практику КНУБА, що сприятиме підвищенню прозорості (*Governance*), якості підготовки фахівців (*Social*) та оптимізації споживання ресурсів кампусу (*Environmental*).

**Ключові слова:** оцідливе навчання; *Lean learning*; ESG-стандарти; моніторинг якості освіти; КНУБА; *Kaizen*; інтегральний індекс; цифрова трансформація; RStudio; управління університетом

### Постановка проблеми

В умовах глобальної цифровізації та посилення вимог до сталого розвитку, вища освіта України трансформується відповідно до міжнародних стандартів ESG (*Environmental, Social, and Governance*). Для КНУБА, як провідного закладу у будівельній галузі, дотримання принципів ESG стає стратегічним пріоритетом, де "G" (управління) передбачає прозорість та ефективність, а "S" (соціальна відповідальність) – найвищу якість підготовки фахівців.

Основна проблема полягає у необхідності переходу від традиційного адміністрування до моделі сталого управління розвитком, що базується на принципах оцідливого навчання (*Lean learning*). Існуючий розрив між декларативним впровадженням стандартів якості та реальною присутністю втрат (часових, інформаційних, ресурсних) гальмує розвиток закладу.

Ситуація ускладнюється відсутністю інтегрованих цифрових інструментів моніторингу, які б дозволяли в режимі реального часу відстежувати

ефективність освітніх послуг через призму ESG-критеріїв. Без використання сучасних систем аналітики (Dashboards, LMS-метрик) неможливо об'єктивно оцінити рівень "ощадливості" освітнього середовища та забезпечити динамічне покращення процесів.

Таким чином, розробка системи моніторингу ощадливого навчання як цифрового інструменту реалізації стратегії ESG є критично важливою для підвищення конкурентоспроможності КНУБА в європейському освітньому просторі.

### Мета статті

Метою статті є теоретичне обґрунтування та розробка концептуальних засад системи моніторингу ощадливого навчання (Lean learning) як ефективного цифрового інструменту для підвищення якості освітніх послуг у КНУБА, що дозволить мінімізувати операційні втрати у навчальних процесах та забезпечити відповідність управлінської діяльності закладу міжнародним ESG-стандартам.

У рамках дослідження передбачається визначити та обґрунтувати систему цифрових показників (KPI) моніторингу ефективності освітнього процесу, інтегрованих із міжнародними ESG-критеріями та розробити алгоритм впровадження системи моніторингу, що забезпечує безперервний зворотний зв'язок та реалізацію принципів динамічного покращення (Kaizen) для мінімізації операційних втрат у навчальному середовищі.

### Аналіз основних досліджень і публікацій

Проблема впровадження ощадливих технологій у вищу освіту та їхнього моніторингу є об'єктом активних дискусій у сучасній науковій спільноті. Теоретичне підґрунття концепції Lean Higher Education (LHE) закладено у працях В. Бальзера [1], який одним із перших адаптував принципи Toyota Production System до академічного середовища, виділивши специфічні види втрат у навчальних та адміністративних процесах.

В контексті сталого розвитку та ESG-трансформації університетів, значний внесок зробили дослідники, які розглядають ощадливість не лише як інструмент ефективності, а й як елемент соціальної відповідальності (S) та прозорого управління (G). Зокрема, останні звіти Європейської асоціації університетів (EUA, 2025) підкреслюють, що «зелена трансформація» та цифровізація є ключовими драйверами конкурентоспроможності закладів вищої освіти в європейському просторі.

Питання інтеграції KPI та цифрових інструментів для моніторингу якості освіти розглядалися в роботах таких вчених, як Дж. Антоні

та С. О'Рейлі [2]. Вони досліджували критичні фактори успіху впровадження Lean Six Sigma в університетах, акцентуючи на важливості вимірюваних показників. М. Хафіз Рослі — у своїх останніх дослідженнях піднімає питання систематичного включення ESG-критеріїв у навчальні плани та управлінські моделі.

Аналіз сучасних світових практик, проведений С. Анкаредді та Й.С. Оком [3], свідчить про те, що попри декларативну підтримку цілей сталого розвитку, більшість закладів вищої освіти стикаються із браком стандартизованих систем звітності та метрик оцінки впливу. Автори наголошують, що впровадження сталості (Sustainability) має виходити за межі лише навчальних планів і охоплювати цифрову трансформацію кампусу та операційне управління, що повністю корелює з необхідністю розробки інтегрованих KPI для КНУБА.

Важливий внесок у розвиток методології ощадливого управління в українській освітній системі зроблено у спільній праці Є. Г. Бойко, О. О. Забродської та М. М. Куценко [4], де було обґрунтовано доцільність імплементації концепції ощадливого виробництва (Lean) в університетське середовище. Авторами доведено, що системне впровадження інструментів Lean дозволяє оптимізувати адміністративні та навчальні процеси, мінімізувати втрати ресурсів та підвищити керованість закладу вищої освіти як складної системи.

Однак, з огляду на сучасні виклики цифровізації та стратегічну необхідність відповідності ESG-стандартам, постає проблема трансформації теоретичних підходів у прикладну цифрову модель. Наразі існує нагальна потреба у розробці інтегрованого алгоритму моніторингу, який би поєднував Lean-методологію (виявлення втрат) з ESG-показниками (сталий розвиток), забезпечуючи зворотний зв'язок та динамічне вдосконалення (Kaizen) освітніх послуг у режимі реального часу саме для галузевих університетів, таких як КНУБА.

### Виклад основного матеріалу

Сучасний етап розвитку вищої освіти характеризується переходом від жорсткого адміністративного управління до гнучких моделей, що базуються на засадах «ощадливості» (Lean). Як зазначають дослідження, впровадження концепції ощадливого виробництва в освітню сферу дозволяє мінімізувати втрати (часові, інтелектуальні, ресурсні) та підвищити якість підготовки фахівців. Проте, в умовах глобальної цифровізації та інтеграції до європейського простору, традиційні методи Lean потребують доповнення інструментарієм ESG-стандартів. Це вимагає створення єдиного цифрового

контуру моніторингу, який здатен у режимі реального часу відстежувати ефективність освітніх послуг через призму сталості та соціальної відповідальності.

Реалізація такого підходу в КНУБА передбачає перехід від локальних поліпшень до системного управління розвитком університету як складної системи. Ключовим завданням стає не просто фіксація показників, а забезпечення «прозорого» зворотного зв'язку між усіма учасниками освітнього процесу та інфраструктурою університету. Це можливо лише за умови поєднання даних із систем LMS та ERP з фактичними показниками використання інфраструктури, отриманими через мережу IoT-сенсорів, що дозволяє виявити приховані неефективності (втрати) та забезпечити прийняття управлінських рішень на основі об'єктивної аналітики.

Для забезпечення ефективного моніторингу в КНУБА пропонується інтегрована концептуальна модель, представлена на рис. 1.

Ця модель візуалізує динамічну взаємодію між стратегічними цілями сталого розвитку (ESG), інструментами цифровізації та операційною філософією Lean. Модель має циклічну структуру, що базується на принципах безперервного вдосконалення (Kaizen), і включає такі ключові компоненти:

– Стратегічний ESG-вимір визначає цільові орієнтири для системи моніторингу через три елементи: *Environmental* (енергоефективність кампусу), *Social* (якість навчання та сервісів) та *Governance* (прозорість та ефективність управління). Кожен із них трансформується у конкретні «Lean-метрики».

– Операційний цифровий вимір забезпечує технічний інструментарій реалізації. Етап збору даних інтегрує LMS, ERP та IoT-сенсори; етап аналізу використовує алгоритми AI та Dashboards для

ідентифікації втрат; етап візуалізації за допомогою Power BI/Tableau перетворює дані на інструменти для прийняття рішень.

– Центральним елементом моделі є ошадливе навчання, яке через аналіз «втрат» запускає постійне вдосконалення. Система зворотного зв'язку дозволяє в режимі реального часу коригувати процеси, що забезпечує динамічне покращення освітнього середовища КНУБА відповідно до міжнародних стандартів.

Впровадження концептуальної моделі моніторингу вимагає чіткої формалізації індикаторів, які б дозволили кількісно оцінити прогрес університету в напрямку ошадливого навчання та сталого розвитку. Системний аналіз освітнього середовища КНУБА як складної структури вимагає декомпозиції загальних ESG-цілей на операційні Lean-метрики, що безпосередньо відображають якість та ефективність навчального процесу. Такий підхід уможливує перехід від описового моніторингу до проактивного управління, де кожна виявлена втрата стає стимулом для запровадження корегувальних заходів у межах циклу Kaizen.

Для забезпечення інформаційної прозорості та об'єктивності прийняття рішень авторами було розроблено матрицю відповідності між стратегічними пріоритетами ESG та операційними KPI ошадливого навчання. Ці показники інтегруються в загальний цифровий контур моніторингу, дозволяючи візуалізувати стан процесів у режимі реального часу та оперативно реагувати на відхилення від цільових значень. Основні параметри цієї взаємодії представлено в табл. 1.

Представлена у табл. 1 система показників дозволяє ідентифікувати ключові точки прикладання зусиль для оптимізації освітнього процесу. Проте для прийняття стратегічних управлінських рішень недостатньо лише моніторингу окремих KPI.



Рисунок 1 – Концептуальна схема системи моніторингу ошадливого навчання в КНУБА  
Джерело: сформовано авторами

Таблиця 1 – Матриця інтеграції принципів Lean та ESG у систему моніторингу якості освітніх послуг КНУБА

Категорія ESG	Lean-метрика (Ощадливість)	Цифровий KPI (Моніторинг)	Ефект Kaizen
<b>G (Governance)</b>	Час очікування	Середній час перевірки студентської роботи	Скорочення часу на фідбек
	Рівень активності Kaizen-пропозицій	Кількість впроваджених ідей від викладачів та здобувачів вищої освіти щодо покращення процесів кафедри/факультету за певний період	Перехід від моделі "виконання наказів" до моделі "спільного творення якості", що є фундаментальним для стандартів ESG
<b>S (Social)</b>	Точність планування	Відсоток відхилення фактичної присутності в аудиторіях від плану	Оптимізація завантаження аудиторного фонду
	Якість/ Цінність для споживача	Індекс задоволеності контентом (LMS NPS) та рівень залученості	Динамічне оновлення курсів під потреби здобувачів
<b>E (Environmental)</b>	Доступність	Частка цифрового контенту, адаптованого до вимог інклюзивності	Усунення бар'єрів у отриманні освітніх послуг
	Енергетичні втрати	Питоме споживання енергії на 1 особу за даними енергомоніторингу	Автоматичне регулювання ресурсів у порожніх зонах. Економія ресурсів кампусу
	Цифрове сміття	Обсяг застарілих/дубльованих даних у хмарних сховищах	Оптимізація серверних потужностей

Джерело: сформовано авторами

Складна структура університету як об'єкта управління вимагає розробки інтегрального інструментарію, який би дозволив звести різномірні метрики (часові, енергетичні, соціальні) до єдиного кількісного показника ефективності. Це дасть змогу не лише оцінювати поточний стан «ощадливості» кафедри чи факультету, а й прогнозувати вплив Kaizen-впроваджень на загальну сталість системи.

### Математична модель інтегрального індексу ощадливого навчання

З метою формалізації процесу оцінювання та визначення пріоритетності управлінських впливів, авторами розроблено математичну модель інтегрального індексу ощадливого навчання ( $I_{L-ESG}$ ). Дана модель ґрунтується на методах багатокритеріального аналізу та дозволяє врахувати вагомість кожного ESG-фактора в загальному векторі розвитку КНУБА.

Математичний опис моделі та аналіз її чутливості до інноваційних змін представлено нижче.

#### 1. Нормування показників.

Оскільки KPI мають різні одиниці виміру (години, відсотки, кВт-год), їх необхідно привести до безрозмірного вигляду у діапазоні [0; 1].

– Для метрик-стимуляторів (чим більше, тим краще, наприклад, NPS або кількість ідей):

$$x_i = \frac{f_i - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}}$$

– Для метрик-дестимуляторів (чим менше, тим краще, наприклад, час очікування або енерговитрати):

$$x_i = \frac{f_{\max} - f_i}{f_{\max} - f_{\min}}$$

#### 2. Розрахунок інтегрального індексу.

Інтегральний показник ефективності моніторингу ощадливого навчання  $I_{L-ESG}$  визначається за формулою:

$$I_{L-ESG} = \sum_{j=1}^m w_j \cdot \left( \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot x_i \right),$$

де  $w_j$  – ваговий коефіцієнт відповідної категорії ESG (G, S, E), причому  $\sum w_j = 1$ ;  $\alpha_i$  – ваговий коефіцієнт конкретного  $i$ -го KPI всередині категорії;  $x_i$  – нормоване значення  $i$ -го показника.

#### 3. Математичний аналіз чутливості системи.

Важливою частиною моделі є аналіз впливу Kaizen-пропозицій на загальний індекс. Ми можемо описати динаміку покращення через приріст інтегрального показника:

$$\Delta I_{L-ESG} = \frac{\partial I}{\partial K} \cdot \Delta K,$$

де  $K$  – кількість впроваджених Kaizen-ідей;  
 $\frac{\partial I}{\partial K}$  – коефіцієнт чутливості системи до інновацій викладачів та здобувачів вищої освіти.

Математична модель доводить, що максимальна ефективність управління розвитком КНУБА досягається при збалансованому впливі на всі три вектори ESG. Зокрема, висока активність у впровадженні Kaizen-ідей (ΔK) має мультиплікативний ефект: вона одночасно знижує часові втрати (G) та підвищує соціальну задоволеність (S).

### Аналіз результатів математичного моделювання

Застосування розробленої моделі дозволяє отримати інтегральну оцінку рівня впровадження ощадливого навчання  $I_{L-ESG}$  для різних структурних підрозділів університету. У табл. 2 наведено результати порівняльного аналізу двох умовних сценаріїв: «Базовий стан» та «Оптимізований стан» (після впровадження системи та обробки пропозицій від стейкхолдерів), візуалізацію яких представлено на рис. 2.

Аналіз результатів моделювання, проведений засобами мови програмування R, свідчить про високу чутливість системи моніторингу до впровадження ощадливих технологій (рис. 3).

Розрахований інтегральний індекс ефективності  $I_{L-ESG}$  продемонстрував стійку позитивну динаміку, а саме, що приріст показника склав 80,7% (з 0,437 до 0,790), що підтверджує ефективність обраного стратегічного вектору розвитку.

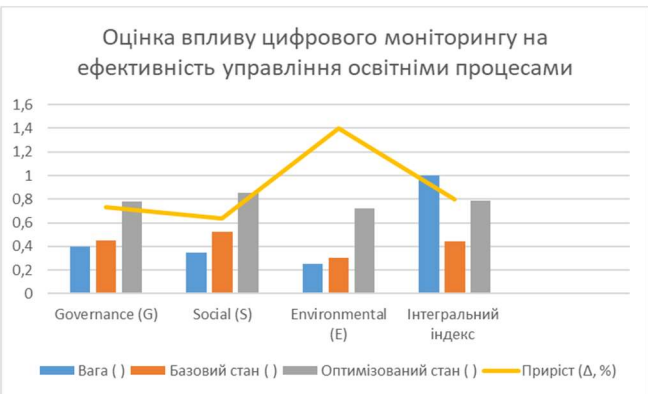


Рисунок 2 – Оцінка впливу цифрового моніторингу на ефективність управління освітніми процесами за методикою розрахунку інтегрального індексу  $I_{L-ESG}$

Таблиця 2 – Результати розрахунку інтегрального індексу  $I_{L-ESG}$  за категоріями

Категорія ESG	Вага (w <sub>i</sub> )	Базовий стан (x <sub>base</sub> )	Оптимізований стан (x <sub>opt</sub> )	Приріст (Δ, %)
Governance (G)	0,4	0,45	0,78	+73,3%
Social (S)	0,35	0,52	0,85	+63,5%
Environmental (E)	0,25	0,30	0,72	+140,0%
Інтегральний індекс $I_{L-ESG}$	1,0	0,44	0,79	+79,5%

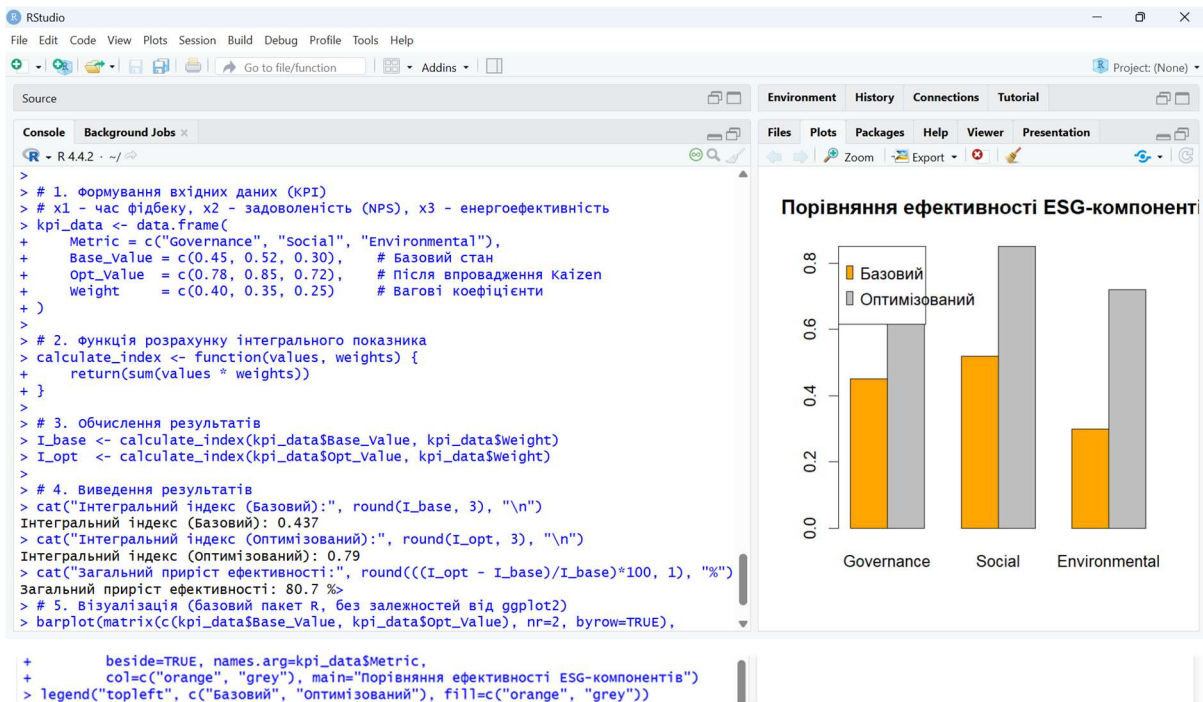


Рисунок 3– Програмна реалізація математичної моделі інтегрального індексу ощадливого навчання  $I_{L-ESG}$  та результати розрахунку приросту ефективності в середовищі RStudio

## Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дослідження полягає у наступному:

1. Вперше розроблено концептуальну модель системи моніторингу ошадливого навчання (Lean learning) як цілісного цифрового контуру, що інтегрує принципи ошадливого виробництва (мінімізація втрат) із міжнародними стандартами сталого розвитку (ESG). На відміну від існуючих підходів, модель поєднує стратегічне управління університетом із операційним рівнем ідентифікації втрат у режимі реального часу за допомогою інструментів Big Data та IoT.

2. Дістала подальшого розвитку система ключових показників ефективності (KPI) освітнього процесу, яку вперше структуровано через матрицю відповідності категоріям ESG (Governance, Social, Environmental). Це дозволило трансформувати якісні характеристики «ошадливості» (час очікування, задоволеність контентом, енергоефективність) у кількісні цифрові метрики, адаптовані до специфіки галузевого ЗВО.

3. Запропоновано математичну модель інтегрального індексу ошадливого навчання  $I_{L-ESG}$ , яка базується на методах багатокритеріального аналізу та нормуванні різнорідних показників-стимуляторів і дестимуляторів. Модель дозволяє не лише оцінювати поточний стан якості освітніх послуг, а й математично обґрунтовувати чутливість системи до впровадження інноваційних Kaizen-пропозицій від викладачів та здобувачів вищої освіти.

4. Удосконалено підхід до оцінювання ефективності управління університетом шляхом доведення мультиплікативного ефекту Kaizen-впроваджень. Обґрунтовано, що цифрова трансформація моніторингу забезпечує синергію між скороченням часових втрат (адміністрування) та зростанням соціальної задоволеності стейкхолдерів, що підтверджено результатами моделювання в середовищі RStudio.

## Висновки

У статті теоретично обґрунтовано та розроблено концептуальні засади системи моніторингу ошадливого навчання (Lean learning) як ефективного інструменту підвищення якості освітніх послуг у КНУБА в контексті міжнародних стандартів ESG. Доведено, що перехід до моделі ошадливого навчання вимагає відмови від традиційного адміністрування на користь цифрових інструментів моніторингу в режимі реального часу. Це дозволяє перетворити університет із жорсткої структури на гнучку систему, здатну до саморозвитку та динамічного покращення (Kaizen) згідно з критеріями ESG.

Розроблена авторами концептуальна модель демонструє синергію між Lean-методологією та ESG-стандартами. Встановлено, що ключовим механізмом такої інтеграції є переведення якісних цілей сталого розвитку в конкретні цифрові KPI, що охоплюють управлінські, соціальні та екологічні аспекти діяльності закладу вищої освіти.

Математичне моделювання інтегрального індексу  $I_{L-ESG}$  та його апробація в середовищі RStudio підтвердили високу ефективність запропонованого підходу. Розроблений інструментарій мінімізує суб'єктивізм в управлінських рішеннях та створює базу для безперервного моніторингу, що є критично важливим для підвищення конкурентоспроможності галузевих закладів вищої освіти в європейському освітньому просторі.

**Конфлікт інтересів.** Автори підтверджують відсутність фінансових, особистих чи інших інтересів, що можуть розглядатися як потенційний конфлікт інтересів щодо публікації цієї статті.

**Фінансування.** Дослідження було проведено без фінансової підтримки.

**Доступність даних.** Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті рукопису.

**Використання штучного інтелекту.** Автори підтверджують, що при створенні даної роботи вони не використовували інструментальні засоби штучного інтелекту.

## Список використаних джерел

1. Balzer W. K. Lean higher education : increasing the value and performance of university processes. 2nd ed. New York, NY : Routledge, 2020. 436 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781351216944>.
2. Antony J. Lean Six Sigma for higher education: Research and practice. Routledge, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1142/q0251>.
3. Ankareddy S., Dorfleitner G., Zhang L., Ok Y. S. Embedding sustainability in higher education institutions: A review of practices and challenges. *Cleaner Environmental Systems*. 2025. Vol. 17. Art. 100279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2025.100279>.

4. Бойко Є. Г., Забродська О. О., Куценко М. М. Застосування концепції ошадливого виробництва в управлінні закладами освіти. *Управління розвитком складних систем*. 2020. № 42. С. 139–145. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.139-145>.
5. Digital Transformation: Powering the Great Reset. The World Economic Forum. 2020. URL: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Digital\\_Transformation\\_Powering\\_the\\_Great\\_Reset\\_2020.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Digital_Transformation_Powering_the_Great_Reset_2020.pdf) (дата звернення: 23.02.2026).
6. European Union. Higher Education Transformation Agenda – Open Innovation Ecosystems. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2826/871856>.
7. Головчак Г. Оцінка ефективності ESG-звітності як інструменту прозорості бізнесу в умовах глобалізації. *Економіка та суспільство*. 2024. № 67. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4708> (дата звернення: 23.02.2026).
8. Дорошенко Г. О., Бабич С. М., Максимова М. В., Сукрушева Г. О., Тешева Л. В. Використання досвіду європейського союзу в освіті сталого розвитку на основі ESG-менеджменту. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. № 1 (29). С. 187–196. URL: <https://perspectives.pp.ua/index.php/nauka/article/view/8438> (дата звернення: 23.02.2026).
9. European University Association. University Autonomy in Europe IV: Country Profiles (I). 2023. URL: <https://www.eua.eu/publications/reports/university-autonomy-in-europe-iv-country-profiles-i.html> (дата звернення: 23.02.2026).
10. Kayanja W., Kyambade M., Kiggundu T. Exploring digital transformation in higher education setting: the shift to fully automated and paperless systems. *Cogent Education*. 2025. № 12 (1). DOI: <https://doi.org/10.1080/2331186x.2025.2489800>.
11. OECD. OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem. Paris : OECD Publishing, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>.
12. Pasichnyi R., Serhieiev V., Shevchenko S., Petrukha N., Hryvnaк B. Digital transformation of higher education as a driver of Ukraine's integration into the European educational space. *Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade*. 2024. № 17 (se4). P. 232–245. DOI: <https://doi.org/10.14571/brajets.v17.nse4.232-245>.

---

**Yurii Dudnyk**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0701-3835>*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine*

PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, First Vice-Rector

**Yevheniia Boiko**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4258>*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine*

PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Project Management Department

---

**MONITORING OF LEAN LEARNING AS A TOOL FOR IMPROVING  
THE QUALITY OF EDUCATIONAL SERVICES AT KNUCA**

**Abstract.** *The conceptual foundations of a lean learning monitoring system have been substantiated and developed as a digital tool for enhancing the quality of educational services at KNUCA in alignment with international ESG standards. The research is aimed at addressing the transition from traditional administrative management to a flexible sustainable development model based on minimizing time, resource, and intellectual waste within the educational environment. Specifically, critical points of inefficiency in the university's educational and supporting business processes have been identified, enabling the adaptation of lean production tools to the specifics of higher engineering and construction education. The aim of this study is to establish an integrated approach to monitoring the effectiveness of educational processes by merging Lean methodology with sustainable development criteria (Environmental, Social, Governance). A decomposition of strategic ESG goals into operational digital KPIs has been performed, allowing for real-time monitoring of the educational environment's status. The utilization of cloud technologies and analytical dashboards ensures feedback transparency among all stakeholders of the educational ecosystem. The scientific novelty lies in the development of a mathematical model for an integral lean learning index based on multi-criteria analysis methods. The proposed model enables the normalization of heterogeneous indicators (ranging from energy efficiency to student satisfaction with content) and the quantitative assessment of the effectiveness of management decisions. Software implementation of the model in the RStudio environment demonstrated high sensitivity to the introduction of Kaizen proposals, providing a 79.5% increase in the integral efficiency of university management. The practical significance of the results is found in the feasibility of deploying the developed digital monitoring loop into KNUCA's management practices, fostering improved transparency (Governance), training quality (Social), and campus resource optimization (Environmental).*

**Keywords:** *lean learning; ESG standards; educational quality monitoring; KNUCA; Kaizen; integral index; digital transformation; RStudio; university management*

## References

1. Balzer, W. K. (2020). *Lean higher education: Increasing the value and performance of university processes* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351216944>.
2. Antony, J. (2021). *Lean Six Sigma for higher education: Research and practice*. Routledge. <https://doi.org/10.1142/q0251>.
3. Ankareddy, S., Dorfleitner, G., Zhang, L., & Ok, Y. S. (2025). Embedding sustainability in higher education institutions: A review of practices and challenges. *Cleaner Environmental Systems*, 17, Article 100279. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2025.100279>.
4. Boiko, Y., Zabrodska, E., & Kutsenko, M. (2020). Application of the lean production concept in educational institutions management. *Management of Development of Complex Systems*, 42, 139–145. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.139-145> [in Ukrainian]
5. World Economic Forum. (2020). *Digital transformation: Powering the Great Reset*. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Digital\\_Transformation\\_Powering\\_the\\_Great\\_Reset\\_2020.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Digital_Transformation_Powering_the_Great_Reset_2020.pdf).
6. European Union. (2023). *Higher education transformation agenda – Open innovation ecosystems*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2826/871856>.
7. Holovchak, H. (2024). Assessment of the effectiveness of ESG reporting as a tool for business transparency in the context of globalization. *Economy and Society*, 67. <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4708> [in Ukrainian].
8. Doroshenko, H. O., Babych, S. M., Maksymova, M. V., Sukrusheva, H. O., & Tiesheva, L. V. (2024). Utilizing the European Union experience in education for sustainable development based on ESG management. *Scientific Innovations and Advanced Technologies*, 1(29), 187–196. <https://perspectives.pp.ua/index.php/nauka/article/view/8438> [in Ukrainian].
9. European University Association. (2023, October 12). *University autonomy in Europe IV: Country profiles (I)*. <https://www.eua.eu/publications/reports/university-autonomy-in-europe-iv-country-profiles-i.html>.
10. Kayanja, W., Kyambade, M., & Kiggundu, T. (2025). Exploring digital transformation in higher education setting: The shift to fully automated and paperless systems. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186x.2025.2489800>.
11. OECD. (2023). *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>.
12. Pasichnyi, R., Serhieiev, V., Shevchenko, S., Petrukha, N., & Hryvnyak, B. (2024). Digital transformation of higher education as a driver of Ukraine's integration into the European educational space. *Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade*, 17(se4), 232–245. <https://doi.org/10.14571/brajets.v17.nse4.232-245>.

## Посилання на публікацію

- APA Dudnik, Y., & Boiko, Y. (2026). Monitoring of lean learning as a tool for improving the quality of educational services at KNUCA. *Management of Development of Complex Systems*, 65, 212–219. [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.212-219](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.212-219).
- ДСТУ Дудник Ю. П., Бойко Є. Г. Моніторинг ошадливого навчання як інструмент підвищення якості освітніх послуг у КНУБА. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2026. № 65. С. 212 – 219, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.212-219](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.212-219).