

**Бондаренко Злата Василівна**

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики  
Вінницький національний технічний університет  
м. Вінниця, Україна  
ORCID: 0009-0009-1032-1469  
[bondarenko@vntu.edu.ua](mailto:bondarenko@vntu.edu.ua)

**Кирилашук Світлана Анатоліївна**

кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Вінницький національний технічний університет  
м. Вінниця, Україна  
ORCID:0000-0002-8972-3541  
[ksa0775@gmail.com](mailto:ksa0775@gmail.com)

## **ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТІВ ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ INTERNET OF THINGS**

**Анотація.** У статті досліджено проблему формування професійних компетентностей студентів технічних університетів у контексті цифровізації інженерної освіти та широкого впровадження технологій Internet of Things (IoT). Обґрунтовано необхідність інтеграції математичних методів аналізу даних і статистики з реальними інженерними сценаріями, зокрема з задачами оцінювання ефективності параметрів опалення в інтелектуальних будівлях. Показано, що традиційне викладання математичних дисциплін часто має формальний характер і не забезпечує готовності студентів до роботи з реальними стохастичними даними, отриманими з IoT-систем.

Метою статті є теоретичне обґрунтування та експериментальна перевірка методики навчання математичним методам аналізу даних у контексті комп'ютерно-інтегрованих систем опалення. Запропонована методика ґрунтується на поетапному формуванні аналітичних умінь і передбачає ознайомлення студентів з архітектурою IoT-систем, статистичну обробку реальних сенсорних даних, кореляційний і регресійний аналіз, аналіз часових рядів, а також візуалізацію результатів у вигляді графіків і дашбордів з подальшою інженерною інтерпретацією.

У роботі представлено приклади використання часових рядів температури та енергоспоживання, діаграм розсіювання з лініями тренду, методів виявлення аномалій і побудови регресійних моделей, що дозволяє студентам усвідомити фізичний зміст математичних залежностей і застосувати їх для прийняття обґрунтованих інженерних рішень. Ефективність методики перевірено в ході педагогічного експерименту за участю студентів бакалаврського рівня, результати якого підтверджено методами математичної статистики ( $\chi^2$ -критерій Пірсона та t-критерій Стьюдента). Отримані результати засвідчують істотне зростання рівня сформованості аналітичних і професійно орієнтованих компетентностей у студентів експериментальної групи, підвищення їхньої мотивації та готовності до роботи з інтелектуальними IoT-системами опалення. Запропонована методика може бути рекомендована для впровадження у навчальний процес технічних університетів з метою підвищення практичної спрямованості математичної підготовки майбутніх інженерів.

**Ключові слова:** інженерна освіта; математичні методи; аналіз даних; математична статистика; Internet of Things (IoT); інтелектуальні будівлі; системи опалення; професійні компетентності; педагогічний експеримент.

### **1. ВСТУП**

**Постановка проблеми.** Сучасний етап розвитку інженерної освіти характеризується стрімкою цифровізацією технічних систем і переходом від ізольованих рішень до комп'ютерно-інтегрованих інтелектуальних комплексів. Визначальну роль у цьому процесі відіграють технології Інтернету речей (Internet of Things, IoT), які забезпечують безперервний збір, передавання та обробку даних у режимі реального часу. У зв'язку з цим інженерна діяльність дедалі більше орієнтується на аналіз даних, статистичне оцінювання та прийняття

рішень на основі математичних моделей, що актуалізує роль математичної підготовки у технічних університетах.

Однією з найбільш актуальних сфер застосування IoT-технологій є оцінювання ефективності параметрів опалення в інтелектуальних будівлях, що зумовлено зростанням вартості енергоресурсів, вимогами до енергоефективності та впровадженням принципів сталого розвитку. Інтелектуальні системи опалення функціонують на основі мереж сенсорів температури, вологості, теплових потоків і споживання енергії, які формують великі масиви різномірних даних. Їх коректна обробка та інтерпретація неможливі без застосування методів аналізу даних і математичної статистики.

Відповідно до державних стандартів вищої освіти України для технічних спеціальностей, результатом навчання має бути сформованість у здобувачів компетентностей, пов'язаних із використанням математичних методів, аналізом даних, застосуванням сучасних інформаційних технологій та обґрунтованим прийняттям інженерних рішень. Проте освітня практика свідчить про наявність розриву між задекларованими результатами навчання та реальним рівнем підготовки студентів, що зумовлює потребу в удосконаленні педагогічних підходів до навчання математичних дисциплін.

Незважаючи на фундаментальну роль математичної підготовки, у технічних університетах зберігається тенденція до формального засвоєння математичних знань без їх практичного застосування. Особливо це проявляється під час роботи з даними IoT-систем, які мають стохастичний характер, містять похибки вимірювань, часові затримки та шум. Їх аналіз потребує від фахівця системного розуміння статистичних закономірностей, методів обробки експериментальних даних і побудови адекватних моделей теплових процесів.

Водночас більшість студентів технічних університетів не готові до такого рівня аналітичної діяльності, оскільки курси вищої математики, теорії ймовірності та математичної статистики здебільшого орієнтовані на абстрактні задачі, відірвані від реальних інженерних сценаріїв. У результаті не формуються вміння працювати з реальними даними, інтерпретувати статистичні показники в інженерному контексті та поєднувати математичний аналіз із програмними засобами й предметною галуззю теплотехніки.

Таким чином, постає науково-педагогічна необхідність розроблення й впровадження методики навчання, що інтегрує математичні методи аналізу даних і статистики з реальними IoT-сценаріями оцінювання ефективності систем опалення та забезпечує формування професійно значущих компетентностей у студентів технічних університетів.

**Аналіз актуальних досліджень і публікацій.** Останніми роками зарубіжна наукова спільнота активно досліджує інтеграцію аналітики даних, машинного навчання та IoT-технологій у вищу інженерну освіту. Vasudevan, A., Singh, C. B., & Jain, S. [1] розглядають трансформацію інженерної освіти через призму аналітики даних і машинного навчання, підкреслюючи потенціал використання цих технологій для персоналізації навчання, прогнозування успішності студентів та розвитку адаптивних навчальних середовищ. Їхня робота демонструє, що ці підходи можуть змінити традиційні освітні моделі та створити умови для розвитку ключових аналітичних компетентностей у студентів-інженерів, включно із здатністю працювати з великими масивами даних і статистичними інструментами.

Інша важлива робота [2] систематизує ключові елементи «smart education», серед яких IoT та інтелектуальні технології виступають як критично важливі компоненти для трансформації навчальних середовищ і педагогіки. Автор підкреслює, що інтеграція інтелектуальних технологій у навчання сприяє адаптивності, персоналізації та розширенню можливостей для аналізу даних у навчальних процесах.

Також у контексті педагогічної інтеграції IoT-технологій в STEM-освіту дослідники [3] надають комплексний огляд останніх досліджень, що включають застосування IoT у STEM-дисциплінах, виявляючи поступове, але стійке зростання інтересу до включення IoT у навчальні програми та практики.

Праці Guevara, V., Turas-Yupanqui, M., & Vidal-Silva, C. [4] зосереджують увагу на методичних моделях впровадження IoT у навчальні плани інженерних спеціальностей, що

включають аналітику даних у навчальний процес та забезпечують студентам навички проєктної діяльності та реального застосування IoT-систем.

Колективні огляди в освітній літературі, такі як стаття [5], досліджують застосування Learning Analytics (LA) у вищій освіті, пропонуючи концептуальні рішення для впровадження аналізу навчальних даних у педагогічні стратегії оцінювання, що є тісно пов'язано із задачами обробки та інтерпретації даних IoT-систем у навчанні.

Вітчизняні педагогічні дослідження зосереджуються насамперед на математичній підготовці студентів технічних спеціальностей та методичних аспектах її реалізації.

Українські автори [6] досліджують використання елементів змішаного навчання у викладанні математичних дисциплін, що має прямий методичний зв'язок із потребою поєднувати традиційні методи з новими освітніми технологіями.

Методичні матеріали КПІ ім. І. Сікорського Онищенко, Гавриленко, Мягкий [7], представляють систематизовані курси з аналізу даних та машинного навчання, що містять змістовні підходи до практичного навчання математичним методам для обробки даних у інженерних системах.

Навчальний посібник, дисципліни «Інтелектуальний аналіз даних» [8], свідчить про впровадження навчальних модулів, що включають методи аналізу даних та математичних моделей у професійні програми, таких як IT-спеціальності України.

**Мета статті** - теоретичне обґрунтування та методичне проєктування підходів до формування у студентів технічних університетів професійних компетентностей з аналізу даних і математичного моделювання в контексті оцінювання ефективності параметрів опалення інтелектуальних будівель на основі технологій Internet of Things, а також визначення педагогічних умов інтеграції відповідних математичних і цифрових інструментів у освітній процес.

Для досягнення поставленої мети у статті передбачається розв'язання таких завдань:

1. Проаналізувати сучасні підходи до навчання математичних методів, аналітики даних і статистики у технічній освіті та визначити їхню ефективність у контексті IoT-технологій.

2. Визначити ключові професійні та цифрові компетентності, необхідні майбутнім інженерам для оцінювання ефективності параметрів опалення в інтелектуальних будівлях, з урахуванням державних освітніх стандартів і вимог ринку праці.

3. Розробити методику навчання, яка інтегрує математичні методи аналізу даних і статистики з реальними IoT-сценаріями оцінювання ефективності опалювальних систем.

3. Організувати педагогічний експеримент із впровадження розробленої методики та оцінити її вплив на рівень сформованості компетентностей студентів.

4. Провести статистичну обробку результатів експерименту та оцінити достовірність впливу методики на розвиток професійних та цифрових компетентностей.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проєктне навчання на основі IoT-даних є одним із найбільш ефективних сучасних підходів до підготовки студентів технічних університетів, оскільки воно забезпечує тісний зв'язок між теоретичними знаннями та реальними інженерними задачами. У межах такого підходу студенти працюють з реальними даними, отриманими з температурних, вологостних та енергетичних сенсорів, інтегрованих у систему опалення будівлі або її навчальний прототип. Навчальна діяльність передбачає повний цикл роботи з даними: від їх збору та первинної підготовки (очищення, фільтрації шумів, синхронізації часових міток) до застосування методів описової статистики, кореляційного аналізу та побудови регресійних і прогнозних моделей. У процесі виконання проєктних завдань студенти навчаються інтерпретувати статистичні показники у фізичному контексті теплових процесів, оцінювати вплив зовнішніх чинників на споживання енергії та формувати рекомендації щодо оптимального управління параметрами опалення. Такий формат навчання сприяє розвитку

аналітичного мислення, професійної відповідальності та мотивації до самостійного пошуку рішень.

Важливим доповненням до проєктного навчання є використання симуляційних платформ, що імітують роботу інтелектуальних будівель і дозволяють моделювати різні режими функціонування системи опалення без ризику для реального обладнання. За допомогою таких платформ студенти можуть змінювати параметри теплопередачі, потужності нагрівальних елементів, алгоритми керування та зовнішні кліматичні умови, спостерігаючи за динамікою температурних і енергетичних показників. Це створює умови для проведення навчальних експериментів, перевірки адекватності математичних моделей і порівняння результатів моделювання з теоретичними розрахунками. Симуляційне середовище дозволяє формувати системне бачення об'єкта управління, розуміння багатофакторності теплових процесів та ролі математичного моделювання у підвищенні енергоефективності інтелектуальних будівель.

Ефективність зазначених підходів суттєво підвищується завдяки використанню інтерактивних лабораторій і сучасних програмних середовищ, таких як Python, R та MATLAB, які поєднують статистичну обробку даних, візуалізацію та моделювання процесів у реальному часі. У таких середовищах студенти отримують можливість реалізовувати алгоритми аналізу часових рядів, будувати кореляційні матриці, регресійні моделі та прогнози, а також наочно представляти результати у вигляді графіків, гістограм і дашбордів. Інтерактивний характер роботи з даними дозволяє оперативно оцінювати вплив зміни параметрів моделі на результати аналізу, що сприяє глибшому розумінню як математичних методів, так і фізичної сутності теплових процесів. У підсумку поєднання проєктного навчання, симуляційних платформ та програмних аналітичних середовищ формує у студентів цілісну професійну готовність до роботи з комп'ютерно-інтегрованими IoT-системами опалення та прийняття обґрунтованих інженерних рішень на основі даних.

Таким чином, сучасні підходи до навчання математичних методів і статистики у технічній освіті свідчать про необхідність поєднання традиційного теоретичного навчання з практичними завданнями на основі IoT-даних, що забезпечує формування у студентів як математичної компетентності, так і професійних навичок роботи з цифровими системами та аналітикою.

Для підготовки майбутніх інженерів, здатних оцінювати ефективність параметрів опалення в інтелектуальних будівлях на основі IoT-технологій, необхідно формувати комплекс ключових професійних та цифрових компетентностей, що поєднують математичну, аналітичну та цифрову підготовку. До професійних компетентностей відносяться здатність застосовувати математичні методи та моделі, включно зі статистичним аналізом, кореляційним і регресійним моделюванням, оптимізаційними алгоритмами, для побудови адекватних моделей теплових процесів і оцінювання ефективності опалювальних систем. Важливою є також компетентність у сфері обробки та аналізу даних, яка передбачає роботу з інформацією, отриманою із сенсорних мереж IoT, її очищення, інтерпретацію та використання для обґрунтованого прийняття інженерних рішень. Не менш значущою є здатність до прогнозування технічних процесів і оцінювання майбутніх змін параметрів систем опалення, що дозволяє оптимізувати енергоспоживання та підвищувати енергоефективність будівель. До професійних компетентностей належить також розуміння архітектури IoT-систем і здатність інтегрувати сенсори, комунікаційні протоколи та аналітичні платформи, а також системне мислення, яке дозволяє розглядати інтелектуальні системи опалення як комплексні об'єкти з взаємозалежними компонентами. Крім того, майбутні інженери повинні вміти приймати рішення на основі кількісного аналізу даних, оцінки ризиків та результатів математичного моделювання.

До цифрових компетентностей відносяться навички роботи з великими обсягами даних (Big Data), здатність використовувати сучасні програмні середовища та мови програмування (Python, R) для обробки даних, моделювання та візуалізації результатів. Важливим є володіння бібліотеками та платформами для статистичної обробки та аналізу даних (Pandas, NumPy,

Scikit-Learn, Matplotlib), а також уміння створювати графіки, діаграми та дашборди для наочного представлення результатів і прийняття рішень. До цифрових компетентностей також належить здатність інтегрувати та налаштовувати IoT-системи, забезпечувати достовірність даних та дотримуватися базових принципів кібербезпеки.

Для підвищення ефективності підготовки студентів технічних спеціальностей була розроблена методика навчання, яка інтегрує математичні методи аналізу даних і статистики з реальними IoT-сценаріями оцінювання ефективності опалювальних систем у інтелектуальних будівлях. Методика побудована на принципах практично орієнтованого навчання, поетапного формування аналітичних умінь та інтеграції математичної теорії з інженерною практикою.

Перший етап методики передбачає ознайомлення студентів із IoT-системами інтелектуального опалення: сенсорами температури, вологості, теплових потоків і споживання енергії, каналами передачі даних та специфікою їхньої структури. Це дозволяє студентам зрозуміти, які параметри впливають на ефективність системи та як формуються дані для аналізу.

На *першому етапі* методики навчання основна увага зосереджується на ґрунтовному ознайомленні студентів із IoT-системами інтелектуального опалення та їхньою структурою. Метою цього етапу є формування цілісного уявлення про архітектуру комп'ютерно-інтегрованих систем, принципи їх функціонування та особливості формування даних, що надалі підлягають математичному аналізу. Саме на цьому етапі закладається зв'язок між абстрактними математичними поняттями і реальними інженерними об'єктами.

У процесі навчання студенти детально вивчають складові IoT-системи інтелектуального опалення, зокрема сенсорні вузли, контролери, комунікаційні шлюзи, серверні або хмарні платформи та інтерфейси користувача. Особлива увага приділяється сенсорним пристроям, що вимірюють температуру, вологість, теплові потоки та споживання енергії, а також характеристикам їхньої точності, частоті зчитування та впливу зовнішніх факторів на результати вимірювань. Студенти аналізують роль контролерів і шлюзів у зборі та передачі даних, знайомляться з принципами попередньої обробки інформації та стандартами комунікації, які забезпечують безперервний обмін даними у режимі реального часу.

Окремий акцент робиться на розумінні функцій централізованих платформ зберігання та обробки даних, де відбувається накопичення інформації, формування баз даних і подальший аналітичний аналіз. Студенти вивчають структуру даних, механізми доступу до них та можливості використання програмних інтерфейсів для отримання інформації з IoT-систем. Ознайомлення з інтерфейсами користувача та аналітичними панелями дозволяє студентам навчитися інтерпретувати показники стану системи опалення та оцінювати її ефективність у наочній формі.

Важливою складовою цього етапу є аналіз типів даних, що надходять із сенсорів. Студенти знайомляться з часовими рядами, безперервними та дискретними величинами, а також з метаданими, які описують умови та характеристики вимірювань. На прикладах реальних або наближених до реальних наборів даних вони виявляють наявність шуму, стохастичних коливань, похибок вимірювань і пропущених значень, що формує розуміння складності подальшої аналітичної обробки.

Практична складова першого етапу передбачає роботу з IoT-платформами, під час якої студенти підключають сенсорні вузли, здійснюють первинний збір даних, зберігають їх та виконують попередній візуальний аналіз. Побудова простих графіків динаміки температури чи енергоспоживання у часі дозволяє оцінити якість даних і усвідомити необхідність застосування математичних методів для їх подальшої обробки.

*Другий етап* включає обробку та статистичний аналіз даних, що надходять із сенсорів. Студенти навчаються застосовувати кореляційний та регресійний аналіз, методи побудови гістограм, розрахунку середніх, дисперсії, коефіцієнтів варіації та інші математичні інструменти для оцінювання взаємозв'язку між параметрами системи. Важливим елементом є робота з реальними або максимально наближеними до реальних наборами даних, що містять стохастичні коливання, похибки вимірювань та шум.

У межах запропонованої методики навчання кореляційний аналіз розглядався не лише як статистичний інструмент, а як навчальний етап, спрямований на формування у студентів умінь інтерпретувати дані, отримані з IoT-систем, та робити обґрунтовані інженерні висновки. Його виконання було інтегроване у практичне заняття з аналізу даних, що базувалося на реальних вимірюваннях параметрів інтелектуальної системи опалення.

На початку етапу студентам пропонувалася постановка прикладної інженерної задачі: з'ясувати, які фактори найбільше впливають на енергоспоживання системи опалення будівлі. Для цього вони отримували набір експериментальних даних, зібраних IoT-датчиками (зовнішня температура повітря, температура в приміщенні, обсяг спожитої теплової енергії), а також короткий опис умов експерименту та принципів роботи системи.

Першим навчальним кроком було обговорення вибору методу кореляційного аналізу. Під керівництвом викладача студенти аналізували типи змінних, характер даних та результати попередньої описової статистики, після чого обґрунтовували доцільність використання коефіцієнта кореляції Пірсона. Таким чином формувався зв'язок між теоретичними знаннями зі статистики та практичними умовами інженерних вимірювань.

На наступному кроці студенти виконували розрахунок коефіцієнтів кореляції для кількох пар показників: «зовнішня температура — енергоспоживання», «внутрішня температура — енергоспоживання» та «зовнішня температура — внутрішня температура». Розрахунки здійснювалися з використанням табличних процесорів або середовищ аналізу даних, що сприяло розвитку цифрових компетентностей. Особлива увага приділялася інтерпретації знака та абсолютного значення коефіцієнта кореляції, а не лише його числовому обчисленню.

Окремим елементом методики була перевірка статистичної значущості отриманих результатів. Студенти формулювали нульову та альтернативну гіпотези, обирали рівень значущості та аналізували р-значення. Це дозволяло продемонструвати, що наявність числової кореляції ще не гарантує її інженерної або практичної значущості без статистичного обґрунтування.

Завершальним кроком кореляційного аналізу в межах методики стала візуалізація результатів у вигляді діаграм розсіювання з лініями тренду. Студенти порівнювали графічні образи з числовими значеннями коефіцієнтів кореляції та робили висновки щодо фізичного змісту виявлених залежностей. Наприклад, від'ємна кореляція між зовнішньою температурою та енергоспоживанням інтерпретувалася як об'єктивне підтвердження ефективності автоматичного регулювання опалення.

Побудова регресійних моделей у запропонованій методиці розглядається не лише як математична процедура, а як інструмент інженерного аналізу, спрямований на виявлення кількісних залежностей між параметрами функціонування інтелектуальної системи опалення. Методично важливим є формування у студентів розуміння зв'язку між математичною моделлю та фізичним змістом процесів теплопередачі й енергоспоживання.

На навчальному етапі регресійний аналіз вводиться після опанування описової статистики та кореляційного аналізу, що забезпечує логічну послідовність і поетапне ускладнення навчальної діяльності. Студенти попередньо обґрунтовують доцільність побудови регресійної моделі, спираючись на значення коефіцієнтів кореляції та результати візуального аналізу діаграм розсіювання.

У якості базової моделі використовується лінійна регресія, яка описує залежність споживання теплової енергії від температурних параметрів, що надходять із IoT-сенсорів. Загальний вигляд моделі подається студентам у формі:

$$E = \beta_0 + \beta_1 T_{out} + \beta_2 T_{in} + \varepsilon,$$

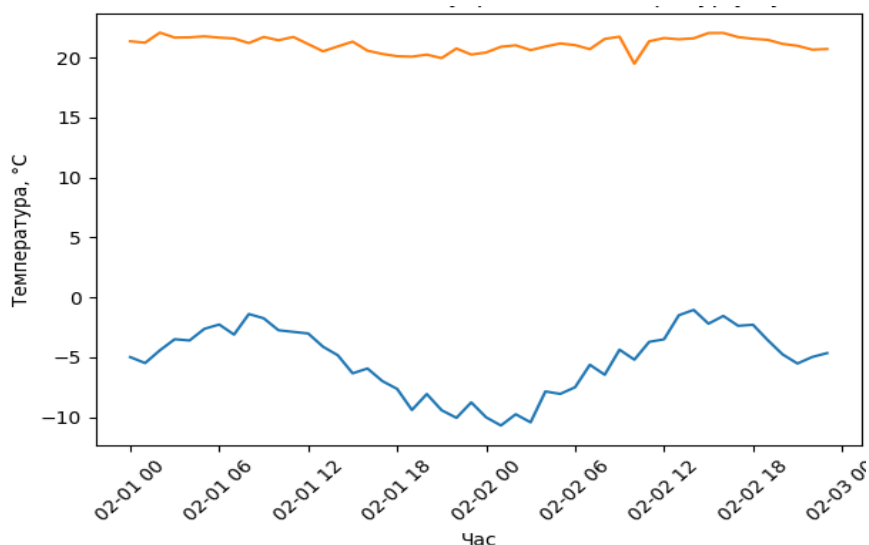
де  $E$  — споживання енергії системою опалення,  $T_{out}$  — температура зовнішнього повітря,  $T_{in}$  — температура внутрішнього середовища,  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  — параметри моделі,  $\varepsilon$  — випадкова похибка. Методично акцентується увага на інтерпретації коефіцієнтів регресії. Зокрема, коефіцієнт  $\beta_1$  аналізується студентами як кількісна міра зміни енергоспоживання при

зміні зовнішньої температури на один градус, що безпосередньо пов'язується з фізичними закономірностями тепловтрат будівлі. Коефіцієнт  $\beta_2$  розглядається в контексті ефективності автоматизованого регулювання температури в пр У рамках методики студенти виконують оцінювання параметрів регресійної моделі методом найменших квадратів із використанням програмних засобів аналізу даних (Python, MATLAB або електронні таблиці). При цьому викладач спеціально звертає увагу не на обчислювальну складність, а на аналіз отриманих результатів, зокрема: знак і величину коефіцієнтів регресії; коефіцієнт детермінації як показник якості моделі; статистичну значущість параметрів.

Окремим елементом навчання є критичне осмислення адекватності моделі. Студенти аналізують залишки регресії, обговорюють причини можливих відхилень та роблять висновки щодо обмежень лінійної моделі для опису динамічних теплових процесів. Це створює підґрунтя для подальшого переходу до багатофакторних та часових моделей у старших курсах.

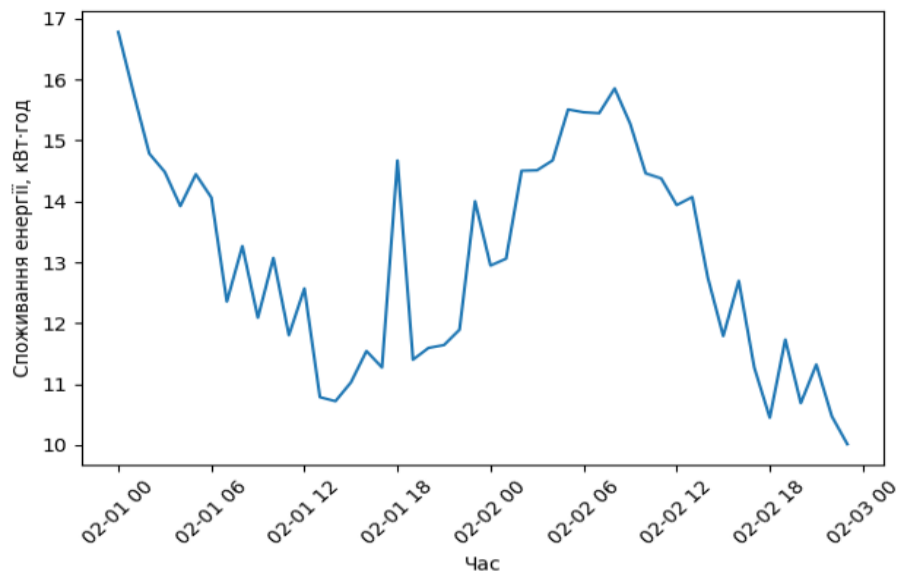
*Третій етап* методики зосереджений на візуалізації та інтерпретації результатів. Студенти створюють графіки, діаграми та дашборди, що відображають динаміку параметрів системи та оцінку її ефективності, аналізують аномалії та пропонують оптимізаційні рішення на основі отриманих даних. Методика передбачає використання сучасних цифрових інструментів: Python та R для статистичного аналізу та моделювання, бібліотек Pandas, NumPy, Scikit-Learn, Matplotlib для обробки даних та побудови графічних представлень, а також інтеграцію з IoT-платформами для отримання реальних даних.

В якості приклададу на рис. 1 представлено динаміку зовнішньої та внутрішньої температур у будівлі за 48-годинний період. Графік наочно демонструє значні коливання зовнішньої температури в діапазоні від  $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тоді як внутрішня температура підтримується в межах  $20\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . З методичної точки зору цей графік використовується для формування у студентів розуміння поняття теплової інерції будівлі та ролі системи автоматичного керування опаленням. Студенти аналізують, чому внутрішня температура не повторює форму зовнішнього температурного сигналу, та роблять висновки щодо ефективності регулювання.



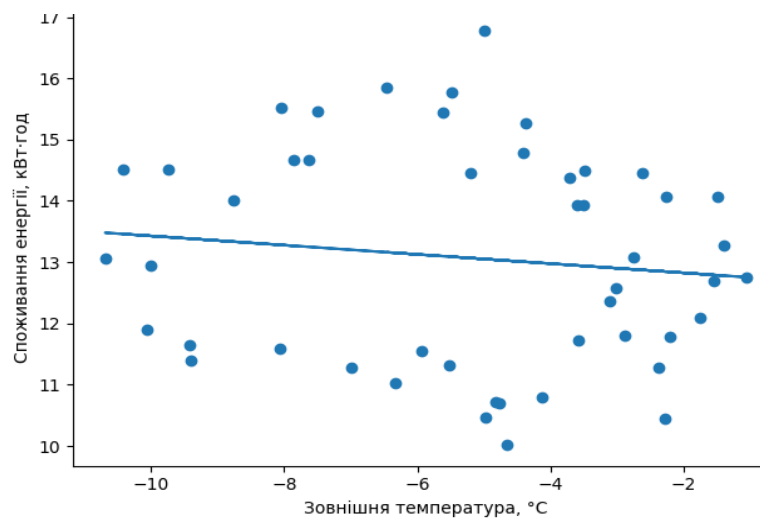
**Рис.1.** Динаміка зовнішньої та внутрішньої температур у будівлі

Рис. 2 ілюструє часовий ряд споживання енергії системою опалення. Студенти спостерігають добову періодичність та наявність локальних піків, що не завжди корелюють із мінімальними значеннями зовнішньої температури. В межах методики такий графік слугує основою для навчання аналізу часових рядів, зокрема виявлення трендів, циклічних компонент і можливих аномалій. Студенти виконують завдання з визначення середнього рівня споживання, амплітуди коливань та аналізують вплив зовнішніх факторів.



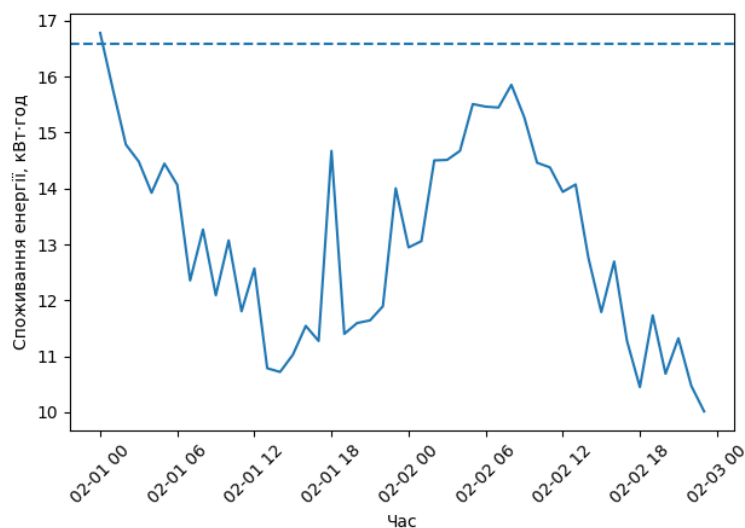
**Рис.2.** Часовий ряд споживання енергії системою опалення

На рис. 3 подано діаграму розсіювання, що відображає залежність споживання енергії від зовнішньої температури з накладеною лінією лінійного тренду. Нахил трендової прямої свідчить про зворотний зв'язок між температурою навколишнього середовища та енергоспоживанням. Такий графік використовується для навчання кореляційного та регресійного аналізу: студенти оцінюють напрям і силу зв'язку, інтерпретують коефіцієнт регресії у фізичному змісті та обговорюють обмеження лінійної моделі для реальних теплових процесів.



**Рис.3.** Залежність енергоспоживання від зовнішньої температури

Рис. 4 демонструє приклад виявлення аномалій споживання енергії за допомогою статистичного порогу. Значення, що перевищують цей поріг, інтерпретуються як потенційні відхилення у роботі системи (наприклад, некоректна робота датчиків, втрати тепла або нерациональні режими керування). У методичному аспекті цей графік використовується для формування у студентів навичок статистичного контролю та первинної діагностики стану інженерних систем.



**Рис.4.** Виявлення аномалій споживання енергії

Сукупність наведених графіків утворює аналітичний дашборд IoT-системи опалення, який дозволяє студентам комплексно оцінювати ефективність її роботи, виявляти аномалії та формулювати пропозиції щодо оптимізації. Зокрема, на основі аналізу динаміки температур і енергоспоживання студенти пропонують коригування алгоритмів керування, зміну температурних уставок або модернізацію системи сенсорного контролю.

З метою перевірки ефективності запропонованої методики навчання математичним методам аналізу даних і статистики в контексті комп'ютерно-інтегрованих IoT-технологій було проведено педагогічний експеримент. У дослідженні взяли участь студенти бакалаврського рівня підготовки інженерних спеціальностей, які вивчали дисципліни математичного та професійно орієнтованого циклу.

Педагогічний експеримент було проведено на вибірці з 60 студентів бакалаврського рівня технічних спеціальностей, які вивчали дисципліни математичного та інженерного циклу. Для забезпечення коректності порівняння студентів було розподілено на дві рівні за чисельністю групи: експериментальну ( $n = 30$ ), у якій навчання здійснювалося за розробленою методикою інтегрованого опанування математичних методів аналізу даних у контексті IoT-систем опалення, та контрольну ( $n = 30$ ), де використовувалася традиційна методика викладання без залучення реальних інженерних сценаріїв і даних.

На констатувальному етапі експерименту проведено діагностику вихідного рівня сформованості ключових професійно орієнтованих компетентностей, а саме аналітичних умінь роботи з даними, здатності до інтерпретації статистичних показників та вміння обґрунтовувати інженерні рішення на основі результатів аналізу даних. Первинне тестування засвідчило приблизно однаковий рівень підготовки студентів обох груп. Зокрема, низький рівень сформованості компетентностей було зафіксовано у 60 % студентів експериментальної групи та 63 % контрольної, середній рівень – у 33 % і 30 % відповідно, тоді як високий рівень продемонстрували лише по 7 % студентів у кожній групі. Отримані результати підтвердили відсутність статистично значущих відмінностей між групами на початку експерименту та забезпечили коректність подальшого порівняльного аналізу.

Після завершення формуального етапу, протягом якого в експериментальній групі системно застосовувалася запропонована методика, було проведено підсумкове оцінювання рівня сформованості визначених компетентностей (рис.5). Результати засвідчили суттєві відмінності між групами. В експериментальній групі частка студентів з низьким рівнем зменшилася до 10 %, тоді як у контрольній групі цей показник залишився високим і становив 55 %. Середній рівень сформованості компетентностей продемонстрували 40 % студентів експериментальної групи та 35 % контрольної. Найбільш показовим є зростання кількості студентів з високим рівнем у експериментальній групі – з 7 % до 50 %, тоді як у контрольній

групі цей показник зріс незначно і становив лише 10 %. Таким чином, упровадження методики забезпечило якісні зміни у структурі рівнів підготовки студентів.

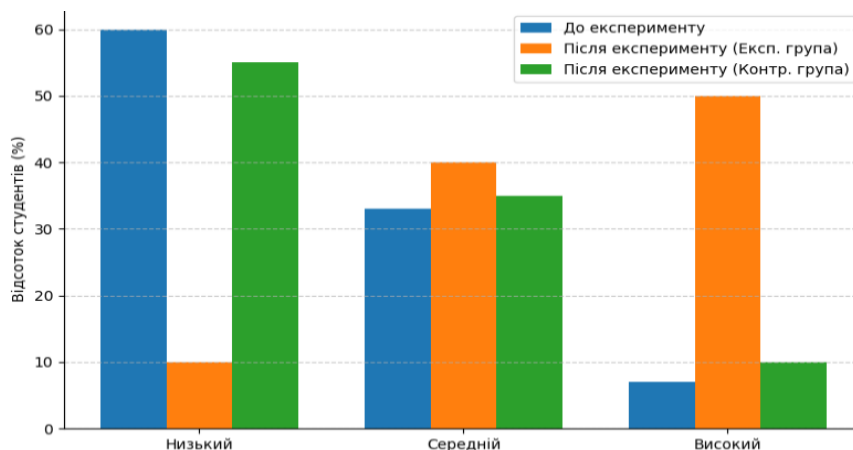


Рис.5 Розподіл рівнів компетентностей студентів

Для перевірки статистичної достовірності отриманих результатів було застосовано методи математичної статистики. Зокрема, використано  $\chi^2$ -критерій Пірсона для незалежних вибірок з метою порівняння розподілу рівнів сформованості компетентностей між експериментальною та контрольною групами після формувального етапу. Розраховане значення  $\chi^2 = 15,8$  при рівні значущості  $p < 0,01$  свідчить про наявність статистично значущих відмінностей між групами. Крім того, для порівняння середніх балів підсумкового тестування застосовано t-критерій Стьюдента. Середній бал студентів експериментальної групи становив 4,3 з 5 можливих, тоді як у контрольній групі – 3,1. Отримане значення  $t = 6,42$  при  $p < 0,001$  підтверджує значне підвищення рівня знань і вмінь студентів, які навчалися за запропонованою методикою.

Інтерпретація результатів педагогічного експерименту дозволяє зробити висновок, що інтеграція реальних IoT-сценаріїв із поетапним навчанням математичним методам аналізу даних і статистики суттєво підвищує рівень сформованості професійних компетентностей майбутніх інженерів. Студенти експериментальної групи продемонстрували вищу здатність до аналізу та інтерпретації даних, обґрунтування інженерних рішень і використання математичних моделей у прикладних задачах оцінювання ефективності систем опалення. Додатково результати анкетування та якісний аналіз відгуків студентів засвідчили зростання навчальної мотивації та зацікавленості у вивченні математичних дисциплін, що підтверджує педагогічну доцільність і ефективність запропонованої методики.

### 3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Використання методики навчання на основі IoT-даних сприяє цілісному формуванню професійних компетентностей студентів технічних університетів, поєднуючи математичну підготовку з практичною інженерною діяльністю. Студенти набувають здатності застосовувати методи описової та прикладної статистики, кореляційного та регресійного аналізу для оцінки ефективності систем опалення та прогнозування їхніх параметрів. Вони формують компетентність у роботі з даними, отриманими від IoT-сенсорів, включно з їхньою очисткою, обробкою, синхронізацією та інтерпретацією для прийняття обґрунтованих інженерних рішень. Завдяки роботі з реальними та симульованими наборами даних студенти опановують уміння інтегрувати математичні моделі у конкретні технічні процеси, аналізувати вплив зовнішніх чинників на теплові параметри будівель і робити висновки щодо оптимізації енергоспоживання. Методика формує системне мислення, що дозволяє розглядати інтелектуальні системи опалення як комплексні об'єкти з взаємопов'язаними компонентами, а також розвиває навички оцінки ризиків і точності прийнятих рішень. Крім того, студенти

отримують цифрові компетентності, зокрема вміння працювати з великими обсягами даних, використовувати сучасні програмні середовища та бібліотеки для обробки, аналізу та візуалізації результатів, а також інтегрувати й налаштовувати IoT-системи для отримання достовірної інформації. Поєднання математичного аналізу даних IoT-технологій із практичними завданнями дозволяє студентам розвивати професійну відповідальність, аналітичне мислення та здатність приймати ефективні інженерні рішення, що забезпечує їхню готовність до роботи в сучасних комп'ютерно-інтегрованих системах управління енергоефективністю будівель.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням запропонованої методики навчання шляхом використання більш складних математичних моделей, зокрема багатофакторних, нелінійних і часових моделей, а також методів машинного навчання для прогнозування енергоспоживання та оптимізації режимів роботи інтелектуальних систем опалення.

Доцільним є дослідження можливостей інтеграції реальних хмарних IoT-платформ і систем збору великих даних у навчальний процес з метою наближення освітніх завдань до умов промислової експлуатації. Окремим напрямом подальших розвідок може стати розроблення критеріїв і показників оцінювання сформованості професійних та цифрових компетентностей студентів у результаті впровадження проєктно-орієнтованого навчання на основі IoT-даних.

Перспективним також є впровадження міждисциплінарних освітніх проєктів, що поєднують математичні методи, енергетику, комп'ютерні науки та автоматизацію, а також адаптація запропонованої методики до підготовки фахівців інших технічних спеціальностей. Подальші дослідження у цьому напрямі сприятимуть підвищенню якості інженерної освіти та розвитку компетентісно орієнтованих освітніх програм у галузі інтелектуальних будівель і IoT-технологій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Vasudevan, A., Singh, C. B., & Jain, S. (2026). The Role of AI-Driven Learning in the Comprehensive Development of Higher Education Professionals: An Empirical Analysis. *Journal of Engineering Education Transformations*, 39(3), 2–9. <https://doi.org/10.16920/jeet/2026/v39is3/26092>
- [2] Li, T., Nath, D., Cheng, Y., Fan, Y., Li, X., Raković, M., ... & Gašević, D. (2025). Turning real-time analytics into adaptive scaffolds for self-regulated learning using generative artificial intelligence. In *Proceedings of the 15th international learning analytics and knowledge conference* (pp. 667-679). <https://dl.acm.org/doi/full/10.1145/3706468.3706559>
- [3] Ley, T.; Tammets, K.; Pishtari, G.; Chejara, P.; Kasepalu, R.; Khalil, M.; Saar, M.; Tuvi, I.; Väljataga, T.; Wasson, B. (2023). Towards a Partnership of Teachers and Intelligent Learning Technology: A Systematic Literature Review of Model-based Learning Analytics. *J. Comput. Assist. Learn.* 39, 1397–1417. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jcal.12844>
- [4] Guevara, V., Tupac-Yupanqui, M., & Vidal-Silva, C. (2026). Bridging the Gap in IoT Education: A Comparative Analysis of Project-Based Learning Outcomes Across Industrial, Environmental, and Electrical Engineering Disciplines. *Computers*, 15(2), 98. <https://www.mdpi.com/2073-431X/15/2/98>
- [5] De La Hoz, E., Garcia-Yerena, C. . and Torres-Rojas, I. (2026) 'Actionable Learning Analytics: Predicting University Performance Levels with Interpretable Machine Learning', *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, vol. 19, no. 1, pp. 15–27. <https://www.eriesjournal.com/index.php/eries/article/view/2204>
- [6] Dembitska, S., Kuzmenko, O., Savchenko, I., Demianenko, V., & Hanna, S. (2024). Digitization of the Educational and Scientific Space Based on STEAM Education. In: Auer, M.E., Cukierman, U.R., Vendrell Vidal, E., Tovar Caro, E. (eds) *Towards a Hybrid, Flexible and Socially Engaged Higher Education. ICL 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 901. [https://www.researchgate.net/publication/378024181\\_Digitization\\_of\\_the\\_Educational\\_and\\_Scientific\\_Space\\_Based\\_on\\_STEAM\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/378024181_Digitization_of_the_Educational_and_Scientific_Space_Based_on_STEAM_Education)
- [7] В.В. Онищенко, О.В. Гавриленко, М.Ю. Мягкий. (2025). Методи аналізу даних та машинного навчання в інформаційноуправляючих системах [Електронний ресурс]: Курс лекцій. Частина 2: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 126 – «Інформаційні системи та технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Онищенко, О.В. Гавриленко, М.Ю. Мягкий – Електрон. текст. дані (1 файл). –

Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, – 318 с. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/2d9b9e6a-3ae9-460a-a81e-8eefaa1f16fe/content>

- [8] Гороховатський В.О., Творошенко І.С. (2021). Методи інтелектуального аналізу та оброблення даних: навч. посіб. Харків, ХНУРЕ. 92 с. <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/97cb0923-d711-4d14-afca-56d3f092b562>
- [9] Кирилашук, С. А, Бондаренко, З. В., Ключко, В. І., Хом'юк, І. В. (2022). Застосування знаково-символічного підходу у процесі формування професійних компетентностей студентів вищих технічних навчальних закладів. ІТКІ, 53(1). 91–100
- [10] O. Aouedi, T. Vu, A. Sacco, D. Nguyen, K. Piamrat, G. Marchetto, Q. Pham. (2024). A Survey on Intelligent Internet of Things: Applications, Security, Privacy, and Future Directions. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 56 p. <https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3430368>
- [11] L. Tawalbeh, F. Muheidat, M. Tawalbeh, M. Quwaider. (2020). IoT Privacy and Security: Challenges and Solutions. Applied Sciences, Vol. 10(12),. 17 p. <https://doi.org/10.3390/app10124102>
- [12] Рєгєда, Ю., & Рєгєда, В. (2024). Вплив цифрової еволюції на інформаційні технології. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, (56), 269-275. <https://cit.lntu.edu.ua/index.php/cit/article/view/630>

## FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS THROUGH MATHEMATICAL DATA ANALYSIS IN INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES

### **Bondarenko Zlata Vasylivna**

PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics  
Vinnytsia National Technical University  
Vinnytsia, Ukraine  
ORCID: 0009-0009-1032-1469  
[bondarenko@vntu.edu.ua](mailto:bondarenko@vntu.edu.ua)

### **Kyrylashchuk Svitlana Anatoliivna**

PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Information Technology and Computer Engineering  
Vinnytsia National Technical University  
Vinnytsia, Ukraine  
ORCID: 0000-0002-8972-3541  
[ksa0775@gmail.com](mailto:ksa0775@gmail.com)

**Abstract.** The article examines the problem of developing professional competencies of technical university students in the context of the digitalization of engineering education and the widespread adoption of Internet of Things (IoT) technologies. It substantiates the need to integrate mathematical methods of data analysis and statistics with real engineering scenarios, in particular tasks related to evaluating the efficiency of heating parameters in smart buildings. It is shown that traditional teaching approaches to mathematical disciplines are often formal in nature and do not adequately prepare students to work with real stochastic data obtained from IoT systems.

The purpose of the article is to theoretically substantiate and experimentally verify a methodology for teaching mathematical methods of data analysis in the context of computer-integrated heating systems. The proposed methodology is based on the step-by-step formation of analytical skills and includes familiarization with IoT system architectures, statistical processing of real sensor data, correlation and regression analysis, time series analysis, as well as visualization of results in the form of graphs and dashboards followed by engineering interpretation.

The paper presents examples of using time series data on temperature and energy consumption, scatter plots with trend lines, methods for anomaly detection, and the construction of regression models. This approach enables students to understand the physical meaning of mathematical relationships and apply them to make informed engineering decisions. The effectiveness of the proposed methodology was tested in a pedagogical experiment involving 60 undergraduate students. The results were validated using mathematical statistical methods, including Pearson's  $\chi^2$  test and Student's t-test.

The findings demonstrate a significant increase in the level of analytical and professionally oriented competencies among students in the experimental group, as well as enhanced motivation and readiness to work with intelligent IoT-based heating systems. The proposed methodology can be recommended for implementation in the educational process of technical universities in order to enhance the practical orientation of mathematical training for future engineers.

**Keywords:** engineering education; mathematical methods; data analysis; mathematical statistics; Internet of Things (IoT); smart buildings; heating systems; professional competencies; pedagogical experiment.

## References (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Vasudevan, A., Singh, C. B., & Jain, S. (2026). The Role of AI-Driven Learning in the Comprehensive Development of Higher Education Professionals: An Empirical Analysis. *Journal of Engineering Education Transformations*, 39(3), 2–9. <https://doi.org/10.16920/jeet/2026/v39is3/26092> (in English)
- [2] Li, T., Nath, D., Cheng, Y., Fan, Y., Li, X., Raković, M., ... & Gašević, D. (2025). Turning real-time analytics into adaptive scaffolds for self-regulated learning using generative artificial intelligence. In *Proceedings of the 15th international learning analytics and knowledge conference* (pp. 667-679). <https://dl.acm.org/doi/full/10.1145/3706468.3706559> (in English)
- [3] Ley, T.; Tammets, K.; Pishtari, G.; Chejara, P.; Kasepalu, R.; Khalil, M.; Saar, M.; Tuvi, I.; Väljataga, T.; Wasson, B. (2023). Towards a Partnership of Teachers and Intelligent Learning Technology: A Systematic Literature Review of Model-based Learning Analytics. *J. Comput. Assist. Learn.* 39, 1397–1417. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jcal.12844> (in English)
- [4] Guevara, V., Tupac-Yupanqui, M., & Vidal-Silva, C. (2026). Bridging the Gap in IoT Education: A Comparative Analysis of Project-Based Learning Outcomes Across Industrial, Environmental, and Electrical Engineering Disciplines. *Computers*, 15(2), 98. <https://www.mdpi.com/2073-431X/15/2/98> (in English)
- [5] De La Hoz, E., Garcia-Yerena, C. . and Torres-Rojas, I. (2026) 'Actionable Learning Analytics: Predicting University Performance Levels with Interpretable Machine Learning', *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, vol. 19, no. 1, pp. 15–27. <https://www.eriesjournal.com/index.php/eries/article/view/2204> (in English)
- [6] Dembitska, S., Kuzmenko, O., Savchenko, I., Demianenko, V., & Hanna, S. (2024). Digitization of the Educational and Scientific Space Based on STEAM Education. In: Auer, M.E., Cukierman, U.R., Vendrell Vidal, E., Tovar Caro, E. (eds) *Towards a Hybrid, Flexible and Socially Engaged Higher Education. ICL 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 901. [https://www.researchgate.net/publication/378024181\\_Digitization\\_of\\_the\\_Educational\\_and\\_Scientific\\_Space\\_Based\\_on\\_STEAM\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/378024181_Digitization_of_the_Educational_and_Scientific_Space_Based_on_STEAM_Education) (in English)
- [7] Onyshchenko, V. V., Havrylenko, O. V., & Myahkyi, M. Yu. (2025). *Metody analizu danykh ta mashynnoho navchannia v informatsiino-upravliaiuchykh systemakh [Elektronnyi resurs]: Kurs lektsii. Chastyna 2: navch. posib. dlia zdobuvachiv stupenia bakalavra za spets. 126 – «Informatsiini systemy ta tekhnolohii» / KPI im. Ihoria Sikorskoho; ukklad.: V. V. Onyshchenko, O. V. Havrylenko, M. Yu. Myahkyi – Elektron. tekst. dani (1 fail). – Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho. – 318 s.* <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/2d9b9e6a-3ae9-460a-a81e-8eefaa1f16fe/content>
- [8] Horokhovatskyi, V. O., & Tvoroshenko, I. S. (2021). *Metody intelektualnoho analizu ta obroblennia danykh: navch. posib.* Kharkiv: KhNURE. 92 s. <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/97cb0923-d711-4d14-afca-56d3f092b562> (in Ukrainian)
- [9] Kyrylashchuk, S. A., Bondarenko, Z. V., Klochko, V. I., & Khomiuk, I. V. (2022). Zastosuvannia znakovy-symvolichnoho pidkhotu u protsesi formuvannia profesiinykh kompetentnosti studentiv vyshchykh tekhnichnykh navchalnykh zakladiv. *ITKI*, 53(1), 91–100. (in Ukrainian)
- [10] O. Aouedi, T. Vu, A. Sacco, D. Nguyen, K. Piamrat, G. Marchetto, Q. Pham. (2024). A Survey on Intelligent Internet of Things: Applications, Security, Privacy, and Future Directions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 56 p. <https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3430368> (in English)
- [11] L. Tawalbeh, F. Muheidat, M. Tawalbeh, M. Quwaider. (2020). IoT Privacy and Security: Challenges and Solutions. *Applied Sciences*, Vol. 10(12),. 17 p. <https://doi.org/10.3390/app10124102> (in English)
- [12] Reheda, Yu., & Reheda, V. (2024). Vplyv tsyfrovoyi evolyutsiyi na informatsiyni tekhnolohiyi. *Kompiuterno-intehrovani tekhnolohiyi: osvita, nauka, vyrobnytstvo*, (56), 269–275. <https://cit.lntu.edu.ua/index.php/cit/article/view/630> (in Ukrainian)

*Матеріал надійшов до редакції 07.02. 2026 р*