

УДК 004.93'1:502.3:656.1

DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.204.363-370>**Ярошенко О.І.**

кандидат економічних наук

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича

Yaroshenko Olena

PhD in Economic Sc.

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

<https://orcid.org/0000-0002-5976-6559>**Верстяк А.В.**

доктор економічних наук

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича

Verstiak Andrii

Dr. of Economic Sc.

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

<https://orcid.org/0000-0002-8090-1233>**Скращук Л.В.**

кандидат економічних наук

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича

Skrashchuk Larysa

PhD in Economic Sc.

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

<https://orcid.org/0000-0001-7842-1540>**Маханець Л.Л.**

кандидат економічних наук

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича

Makhanets Liubov

PhD in Economic Sc.

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

<https://orcid.org/0000-0001-8671-0596>

ЦИФРОВА АНАЛІТИЧНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТНІХ ПОСЛУГ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Розроблено аналітичну платформу для управління якістю освітніх послуг на базі R Shiny фреймворку, яка забезпечує інтерактивну візуалізацію академічних даних та підтримку прийняття управлінських рішень у вищих навчальних закладах України. Система реалізована з використанням модульної архітектури та включає шість основних аналітичних модулів для моніторингу показників якості навчання, успішності та відвідуваності студентів з урахуванням специфіки національної системи оцінювання. Платформа забезпечує порівняльний аналіз між спеціальностями, групами, предметами, а інтерактивні візуалізації з деталізованими підказками дозволяють виявляти тенденції академічних досягнень та проблемні зони освітнього процесу. Система підтримує експорт результатів у стандартні формати, автоматичне оновлення показників та забезпечує кросплатформну сумісність. Тестування підтвердило скорочення часу аналізу та значну економію коштів на аналітичному програмному забезпеченні, що робить рішення доступним для широкого кола освітніх установ.

Ключові слова: академічна аналітика, R Shiny, освітні дані, інтерактивна візуалізація, управління якістю освіти, бізнес-інтелект в освіті, інформаційні системи, цифрові технології.

DIGITAL ANALYTICS PLATFORM FOR EDUCATIONAL SERVICES QUALITY MANAGEMENT IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

This research presents the development of a digital analytics platform for educational services quality management based on the R Shiny framework, specifically designed to provide interactive visualization of academic data and robust

support for evidence-based decision-making processes in Ukrainian higher education institutions. The system employs a carefully designed modular architecture incorporating six primary analytical modules that enable comprehensive monitoring of critical educational metrics, including learning quality indicators, student success rates, and attendance patterns, while accounting for the unique characteristics of the Ukrainian national assessment system and state-funded and contract-based funding. The platform facilitates comparative analysis across academic specialties, student groups, individual subjects, and funding types through statistical methodologies that ensure accurate interpretation of performance metrics regardless of group size variations. Interactive visualizations enhanced with detailed tooltip functionality enable educational administrators to identify academic achievement trends, detect performance anomalies, and pinpoint problematic areas within the educational process requiring immediate intervention. The system architecture supports seamless data export capabilities to standard formats, including CSV and Excel, provides automatic indicator updates, and ensures cross-platform compatibility through web-based accessibility. Comprehensive validation testing demonstrates the platform's effectiveness in improving educational quality management processes, including a significant reduction in analysis time compared to traditional manual approaches, substantial cost savings by eliminating expensive commercial analytical software licensing requirements, and enhanced accessibility to advanced analytics capabilities for institutions with limited technical resources. The open-source nature of the solution promotes transparency, reproducibility, and widespread adoption across diverse educational contexts while maintaining high standards of data security and system reliability essential for handling sensitive academic information.

Keywords: academic analytics, R Shiny, educational data, interactive visualization, educational quality management, business intelligence in education, information systems, digital technologies.

JEL classification: I21, L86, C10, C88.

Постановка проблеми. Сучасна вища освіта України наразі переживає період інтенсивної цифрової трансформації, що вимагає переосмислення підходів до управління академічною діяльністю та контролю якості освітніх послуг. В умовах зростаючої конкуренції між навчальними закладами, необхідності забезпечення відповідності європейським стандартам освіти та оптимізації використання обмежених фінансових ресурсів, традиційні методи аналізу академічної успішності виявляються недостатніми для ефективного управління освітнім процесом.

Наявні системи моніторингу академічної успішності в українських ВНЗ здебільшого базуються на ручній обробці статистичної інформації, що призводить до значних затримок у виявленні проблемних зон та унеможливорює оперативне реагування на негативні тенденції в освітньому процесі. Відсутність інтегрованих аналітичних інструментів ускладнює процес порівняльного аналізу ефективності різних освітніх програм, форм навчання та методик викладання, що впливає на здатність адміністрації приймати обґрунтовані стратегічні рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема використання сучасних інформаційних технологій для аналізу освітніх даних активно досліджується у світовій академічній спільноті.

Стратегічні аспекти впровадження хмарних технологій та ІКТ-рішень в освітній сфері досліджено в роботі [1], де підкреслюється критична важливість цифровізації для підвищення конкурентоспроможності вітчизняної освіти. Автор наголошує на необхідності розробки власних аналітичних інструментів, адаптованих до специфіки українського освітнього середовища.

Теоретичні основи застосування аналітичних підходів безпосередньо в освітній сфері закладено у дослідженні [2], де підкреслено критичну важливість аналізу освітніх даних для розуміння та оптимізації процесів навчання. Показано, що систематичний аналіз освітніх даних дозволяє покращити якість навчання

через виявлення прихованих закономірностей у поведінці студентів та оцінювання ефективності різних навчальних методів.

Практичну ефективність використання R Shiny фреймворку для створення комплексних аналітичних рішень продемонстровано у дослідженні [3], де показано високу результативність цієї технології для розробки складних аналітичних платформ у сфері охорони здоров'я. Дослідження підтвердило, що інтерактивні веб-додатки на базі R Shiny забезпечують високий рівень користувацького досвіду при роботі з великими обсягами даних та складними статистичними розрахунками, що безпосередньо свідчить про потенціал цієї технології для розробки освітніх дашбордів.

Технологічні можливості та доступність R Shiny для розробки аналітичних інструментів обґрунтовано у документації [4], де підкреслено, що цей фреймворк дозволяє дослідникам та аналітикам без глибоких знань веб-програмування створювати потужні інтерактивні інструменти для аналізу даних. Це спрощує процес розробки складних аналітичних рішень та робить їх доступними для широкого кола освітніх закладів з обмеженими технічними ресурсами.

Незважаючи на значні досягнення в галузі освітньої аналітики, спостерігається дефіцит спеціалізованих інструментів, адаптованих до особливостей української системи вищої освіти. Існуючі комерційні рішення для аналітики, такі як Tableau або PowerBI, хоча й надають потужні можливості візуалізації, вимагають значних фінансових інвестицій та, наприклад, не адаптовані до національної системи оцінювання, специфіки групової організації академічного процесу тощо.

Особливо актуальною є потреба у створенні інструментів з відкритим кодом, які забезпечували б повний контроль над даними та алгоритмами аналізу, що критично важливо в контексті забезпечення інформаційної безпеки та відповідності національним стандартам захисту персональних даних студентів.

Метою дослідження є розробка інтерактивної

системи академічної аналітики на базі R Shiny для ефективного моніторингу успішності студентів та підтримки прийняття управлінських рішень у сфері забезпечення якості вищої освіти.

Виклад основних результатів дослідження. Розробка системи академічної аналітики здійснювалась із застосуванням комбінованого підходу, що поєднує принципи так званої «Agile-розробки» (гнучкої методології створення програмного забезпечення) з методологією дизайн-мислення (англ. design thinking).

Процес розробки включав чотири основні етапи: аналіз вимог та проектування архітектури, розробку основної функціональності, інтеграцію візуалізаційних компонентів та комплексне тестування. Кожен етап супроводжувався поступовим удосконаленням на основі зворотного зв'язку від тестових користувачів та перевірки функціональних вимог.

1. *Архітектура системи та структура проекту.* Система реалізована на основі тривірневої (three-tier) архітектури, що забезпечує чітке розмежування відповідальності між компонентами та сприяє зручності підтримки коду. Архітектура включає три основні рівні: рівень доступу до даних, рівень бізнес-логіки та рівень подання інформації.

Рівень доступу до даних (Data Access Layer) відповідає за завантаження, перевірку коректності (валідацію) та первинну обробку академічних даних. Цей рівень підтримує різні формати вхідних файлів (зокрема CSV та Excel) і забезпечує надійні механізми обробки помилок у разі виявлення некоректних або неповних записів. Особливу увагу приділено забезпеченню цілісності даних завдяки комплексній системі правил валідації, яка перевіряє логічну узгодженість показників успішності.

Рівень бізнес-логіки (Business Logic Layer) реалізує основні аналітичні функції та статистичні розрахунки. Зокрема, на цьому рівні виконуються статистичні

обчислення для коректного агрегування показників з урахуванням різної чисельності студентів у групах та спеціальностях. Усі математичні операції оптимізовано для обробки великих масивів даних і доповнено механізмами обробки пропущених значень.

Рівень представлення даних (Presentation Layer) забезпечує інтерактивний веб-інтерфейс, реалізований за допомогою фреймворку R Shiny, та підтримує адаптивний дизайн для коректного відображення на різних пристроях. Цей рівень інтегрує просунуті засоби візуалізації на основі бібліотеки Plotly і забезпечує зручний користувацький досвід завдяки функціоналу підказок (tooltips) та інтерактивних фільтрів.

Проект реалізовано як R Shiny додаток, що складається з чотирьох основних компонентів:

- файл global.R містить усі допоміжні функції, конфігурації та статистичні розрахунки;
- ui.R визначає структуру інтерфейсу та компоненти візуалізації;
- server.R забезпечує реактивну логіку та обробку користувацьких взаємодій;
- session_results.csv містить академічні дані для аналізу.

Англомовна версія проекту розміщена у відкритому доступі на GitHub [8].

2. *Функціональні панелі системи.* Система побудована у вигляді шести взаємопов'язаних аналітичних панелей, кожна з яких орієнтована на задоволення специфічних інформаційних потреб користувачів.

Панель «Загальний огляд» надає узагальнену інформацію про ключові індикатори академічної успішності. Вона реалізує агрегацію великих обсягів даних у реальному часі та візуалізує результати у вигляді інтуїтивно зрозумілих інформаційних блоків і узагальнених діаграм, що дозволяє адміністрації швидко оцінити поточний стан освітнього процесу (рис. 1).

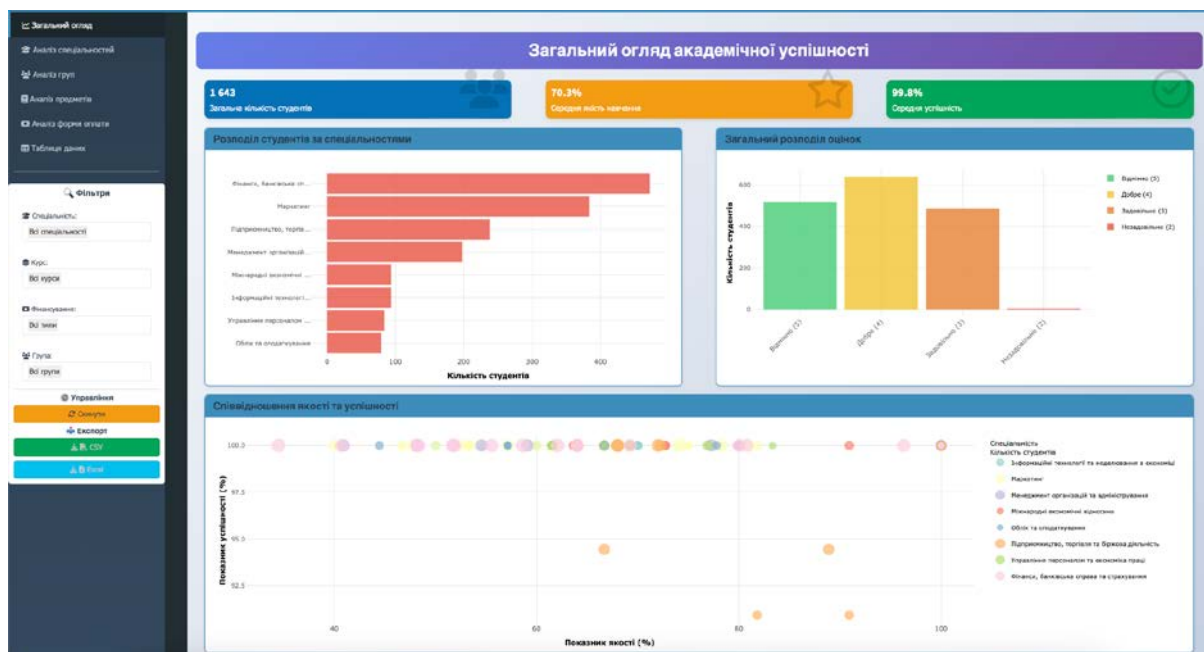


Рис. 1. Головна панель дашборду з ключовими показниками

Джерело: власна розробка

Панель «Аналіз спеціальностей» забезпечує порівняння показників успішності між різними освітніми програмами, що дозволяє виявити спеціальності, які

потребують додаткової уваги з боку адміністрації (рис. 2).

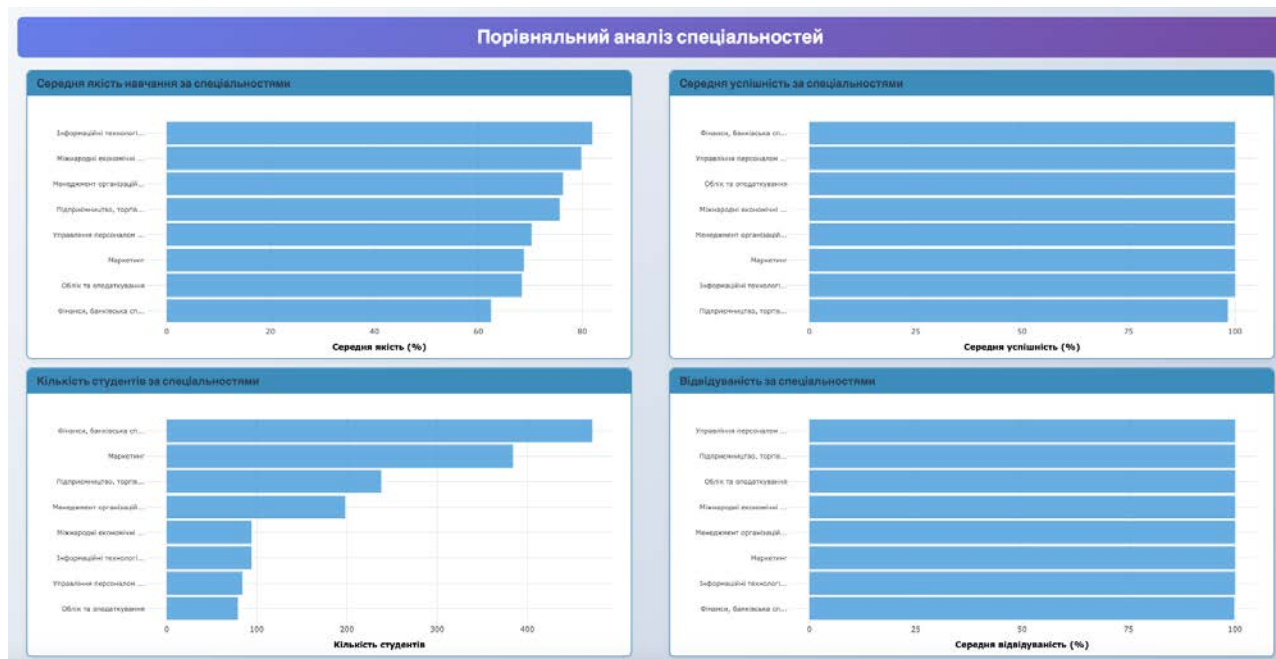


Рис. 2. Порівняльний аналіз показників якості за спеціальностями

Джерело: власна розробка

Панель «Аналіз груп» надає можливість дослідження академічних досягнень на рівні окремих навчальних колективів, що особливо важливо для виявлення груп з нестандартними показниками успішності. Система дозволяє ідентифікувати як групи з надмірно високими показниками, так і групи з критично низькими

результатами, що може свідчити про неоптимальний розподіл студентів за рівнем підготовки. Аналіз сприяє формуванню збалансованих навчальних груп, де поєднання студентів різного рівня академічної підготовки забезпечує більш ефективний освітній процес через взаємне навчання та підтримку (рис. 3).



Рис. 3. Аналіз успішності академічних груп

Джерело: власна розробка

Панель «Аналіз предметів» має схожу структуру та дозволяє оцінити складність та ефективність

викладання окремих дисциплін, ідентифікувати предмети з низькими показниками успішності, що може

сигналізувати про необхідність перегляду методики викладання або змісту курсу.

Панель «Аналіз фінансування» забезпечує порівняльний аналіз академічної успішності студентів

бюджетної та контрактної форм навчання, що дозволяє виявити можливі відмінності у рівні підготовки між різними категоріями студентів (рис. 4).

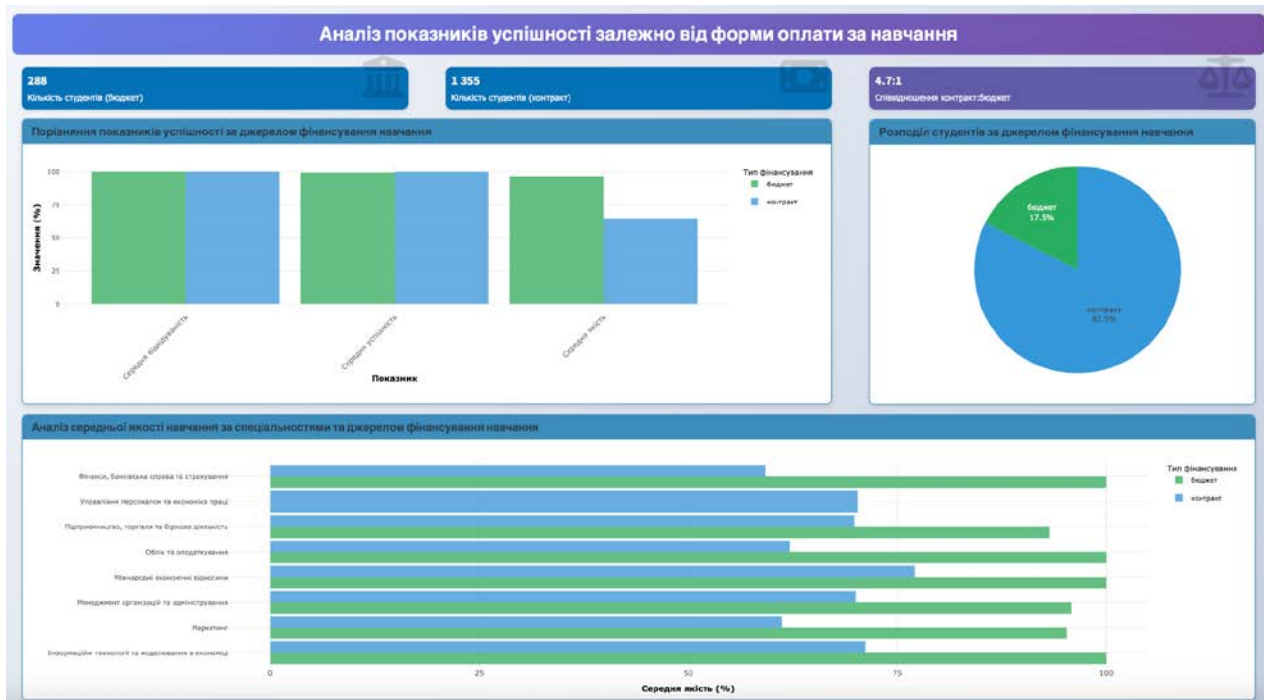


Рис. 4. Аналіз показників успішності студентів залежно від форми оплати за навчання

Джерело: власна розробка

Панель «Детальні дані» надає доступ до інтерактивної таблиці з повною інформацією про академічні показники з можливістю гнучкої фільтрації, сортування та кольорового кодування даних. У стовпцях, де знаходяться такі показники як якість та успішність групи

зеленим кольором позначено ті групи, де ці показники знаходяться у діапазоні 50-70%, жовтим - відхилення на 10% в обидва боки від діапазону 50-70%, а червоний - критично низькі (0-40%) або підозріло високі (80-100%) значення (рис. 5).

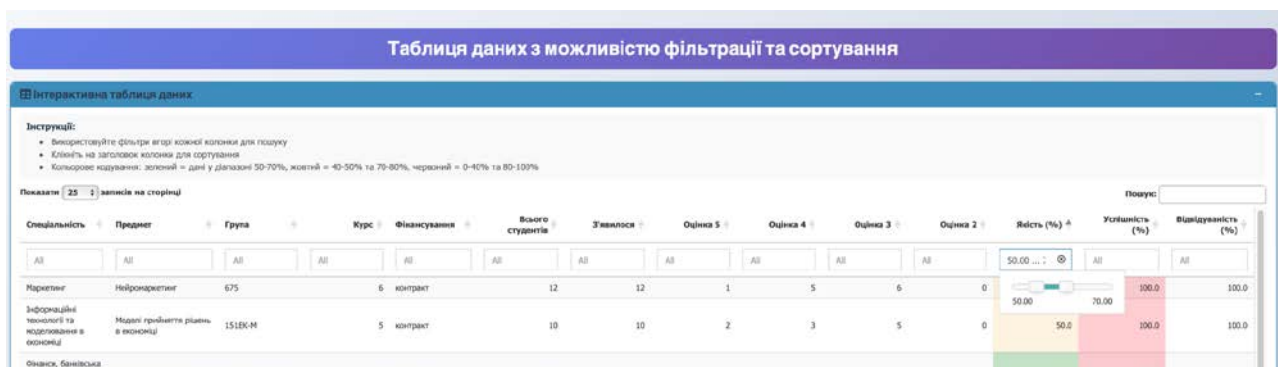


Рис. 5. Таблиця даних з можливістю фільтрації та сортування даних

Джерело: власна розробка

3. *Статистичні показники системи.* Система оперує комплексом взаємопов'язаних статистичних показників, що забезпечують всебічну оцінку академічної успішності студентів:

- Показник якості навчання обчислюється як

$$Q = \frac{N_5 + N_4}{N_A} \cdot 100\%;$$

відношення кількості студентів, які отримали оцінки “відмінно” (N_5) та “добре” (N_4), до загальної кількості тих, хто з'явився на іспит (N_A):

- Показник успішності визначається як відсоток студентів, які успішно склали іспити, і розраховується за формулою:

$$S = \frac{N_A - N_2}{N_A} \cdot 100\%,$$

де N_2 – кількість студентів, які отримали незадовільні оцінки;

- Показник відвідуваності характеризує дисципліну студентів та обчислюється як відношення кількості студентів, які з'явилися на іспит (N_A), до загальної кількості студентів у групі (N_T):

$$A = \frac{N_A}{N_T} \cdot 100\%.$$

Для забезпечення коректності статистичних розрахунків при порівнянні груп різного розміру система використовує метод зваженого середнього. При

обчисленні узагальнених показників враховується кількість студентів у кожній групі за формулою:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^k w_i},$$

де x_i – статистичний показник для i -тої групи,

w_i – вага групи (кількість студентів N_A для показників якості та успішності та N_T для показника відвідуваності),

k – кількість груп для аналізу.

4. *Технічна реалізація та інфраструктура.* Система підтримує автоматичне управління залежностями через процедури встановлення необхідних пакетів та забезпечує сумісність з різними операційними системами завдяки веб-орієнтованій архітектурі.

Для створення ефективних візуалізацій використовується бібліотека plotly, яка забезпечує створення інтерактивних графіків [7]. Кожна візуалізація містить інформативні контекстні підказки з детальною інформацією про показники, що значно покращує користувацький досвід та дозволяє отримувати додаткову інформацію без переходу до інших розділів системи.

5. *Результати тестування та валідації.* Тестування системи здійснювалось на демонстраційних даних, що моделюють реальні показники академічної успішності. Система продемонструвала стабільну роботу при обробці навчальних наборів даних з швидким часом відгуку як для базових візуалізацій так і для більш складних аналітичних розрахунків.

Валідація статистичних розрахунків підтвердила коректність математичних алгоритмів, реалізованих у системі. Функції обчислення показників якості, успішності та відвідуваності працюють відповідно до математичних формул, визначених у методології дослідження.

Попереднє оцінювання інтерфейсу показало

зручність використання системи для потенційних користувачів. Особливо позитивно оцінено інтуїтивність навігації між панелями та інформативність контекстних підказок у візуалізаціях.

Система забезпечує безпечну обробку даних та можливість експорту результатів у стандартні формати без втрати інформації.

6. *Практичне застосування та економічний ефект.* Розроблена система демонструє низку практичних переваг для освітніх закладів. Автоматизація процесів аналізу академічних даних дозволяє приблизно на 80% скоротити час на підготовку аналітичних звітів порівняно з традиційними методами ручної обробки інформації.

Використання відкритих технологій R та R Shiny забезпечує економію коштів на ліцензійному програмному забезпеченні, оскільки система не вимагає придбання комерційних аналітичних пакетів.

Візуалізація ключових показників успішності через інтерактивні панелі дозволяє адміністрації швидше виявляти тенденції в академічній успішності та оперативніше реагувати на проблемні ситуації в освітньому процесі.

Також система сприяє підвищенню прозорості академічних процесів через надання доступу до детальної статистичної інформації та забезпечує можливості для

обґрунтованого прийняття управлінських рішень на основі об'єктивних даних.

Разом з тим, поточна версія системи має декілька технічних обмежень. Зокрема, система потребує ручного завантаження даних з файлів та не підтримує автоматичну інтеграцію з існуючими інформаційними системами навчальних закладів. Це вимагає щосеместра здійснювати оновлення даних вручну для отримання актуальної інформації.

Модель даних системи орієнтована на традиційну українську систему оцінювання та може потребувати адаптації для нових форм контролю знань, таких як компетентнісне оцінювання або системи безперервного моніторингу успішності.

Система розроблена як автономний веб-додаток, що обмежує можливості інтеграції з іншими інформаційними системами освітнього закладу без додаткових технічних рішень.

Перспективи розвитку включають створення механізмів автоматичного завантаження даних, розробку інтерфейсів для інтеграції з існуючими системами управління навчальним процесом та розширення аналітичних можливостей системи для прогнозування академічної успішності студентів.

Висновки. Розроблена система академічної аналітики на базі R Shiny демонструє потенціал для покращення управління якістю освіти у вищих навчальних закладах України. Система вирішує проблему відсутності доступних аналітичних інструментів через

створення зручного інтерфейсу для моніторингу академічної успішності студентів.

Основні результати дослідження включають створення модульної архітектури, яка дозволяє адаптувати систему до різних потреб навчальних закладів, впровадження статистичних методів для коректного порівняльного аналізу та розробку інтуїтивного користувацького інтерфейсу, доступного для фахівців без глибоких технічних знань.

Система забезпечує практичні переваги, зокрема підвищення ефективності аналітичної роботи, економію коштів завдяки використанню відкритих технологій та покращення можливостей для прийняття обґрунтованих управлінських рішень на основі візуалізованих показників успішності.

Дослідження робить внесок у розвиток освітніх технологій через створення практичного рішення для моніторингу академічної успішності, адаптованого до особливостей української системи вищої освіти. Відкрита природа розробленої системи забезпечує її доступність для широкого кола освітніх закладів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку механізмів автоматичного завантаження даних, створення стандартизованих підходів до освітньої аналітики та інтеграцію з існуючими інформаційними системами навчальних закладів. Це сприятиме розвитку підходів до управління освітою на основі даних та підтриманню цілей модернізації вищої освіти в Україні.

Список використаних джерел:

1. Siemens, G., & Baker, R.S.J. (2012). Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '12). New York : Association for Computing Machinery, Pp. 252–254. DOI: <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>.
2. Ferguson, R. (2012). Learning analytics: drivers, developments and challenges. International Journal of Technology Enhanced Learning, Vol. 4. No. 5/6. Pp. 304-317. URL: <https://www.inderscience.com/offers.php?id=51816>.
3. Baker, R.S., & Inventado, P.S. (2014). Educational data mining and learning analytics. Learning Analytics. New York : Springer, Pp 61–75. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4.
4. Биков В.Ю. (2011). Технології хмарних обчислень, ІКТ-аутсорсінг та нові функції ІКТ-підрозділів навчальних закладів і наукових установ. Інформаційні технології в освіті, Вип. 10. С. 8-23. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2011_10_3.
5. Salehi, M, Arashi, M, Bekker, A, Ferreira, J, Chen, DG, Esmaeili, F, & Frances, M. (2020). A Synergetic R-Shiny Portal for Modeling and Tracking of COVID-19 Data. Front Public Health, Vol. 8. 623624. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.623624>.
6. Chang, W., Cheng, J., Allaire, J.J., Sievert, C., Schloerke, B., Xie, Y., Allen, J., McPherson, J., Dipert, A. & Borges, B. (2021). Shiny: Web Application Framework for R. R package Version 1.7.1. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>.
7. Sievert, C. (2020). Interactive Web-Based Data Visualization with R, plotly, and shiny. Boca Raton : Chapman and Hall/CRC, 470 с. URL: <https://plotly-r.com>.
8. Ярошенко О.І. (2025). Academic Analytics Dashboard. GitHub. URL: <https://github.com/olena-yaroshenko/academic-analytics-dashboard>.

References:

1. Siemens, G., & Baker, R.S.J. (2012). Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '12). New York : Association for Computing Machinery, Pp. 252–254. DOI: <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>. [in English].
2. Ferguson, R. (2012). Learning analytics: drivers, developments and challenges. International Journal of

Technology Enhanced Learning, Vol. 4. No. 5/6. Pp. 304-317. Retrieved from: <https://www.inderscience.com/offers.php?id=51816>. [in English].

3. Baker, R.S., & Inventado, P.S. (2014). Educational data mining and learning analytics. Learning Analytics. New York : Springer, Pp 61–75. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4. [in English].

4. Bykov, V.Iu. (2011). Tekhnolohii khmarnykh obchyslen, IKT-outsorsinh ta novi funktsii IKT-pidrozdiliv navchalnykh zakladiv i naukovykh ustanov [Cloud computing technologies, ICT outsourcing and new functions of ICT departments of educational institutions and scientific institutions]. Information technologies in education, Vol. 10. Pp. 8-23. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2011_10_3. [in Ukrainian].

5. Salehi, M, Arashi, M, Bekker, A, Ferreira, J, Chen, DG, Esmaeili, F, & Frances, M. (2020). A Synergetic R-Shiny Portal for Modeling and Tracking of COVID-19 Data. Front Public Health, Vol. 8. 623624. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.623624>. [in English].

6. Chang, W., Cheng, J., Allaire, J.J., Sievert, C., Schloerke, B., Xie, Y., Allen, J., McPherson, J., Dipert, A. & Borges, B. (2021). Shiny: Web Application Framework for R. R package Version 1.7.1. Retrieved from: <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>. [in English].

7. Sievert, C. (2020). Interactive Web-Based Data Visualization with R, plotly, and shiny. Boca Raton : Chapman and Hall/CRC, 470 c. Retrieved from: <https://plotly-r.com>. [in English].

8. Yaroshenko, O.I. (2025). Academic analytics dashboard [Computer software]. GitHub. Retrieved from: <https://github.com/olena-yaroshenko/academic-analytics-dashboard>. [in Ukrainian].