

## ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОРСЬКОЇ ОНЛАЙН ПЛАТФОРМИ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВИТИ

Олександр КОВАЛЬ ✉

Український державний університет  
імені Михайла Драгоманова, Україна  
o.m.koval@npu.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0007-6122-5181>

Марія УМРИК

Український державний університет  
імені Михайла Драгоманова, Україна  
m.a.umryk@npu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0396-0045>

## PRACTICAL EXPERIENCE IN IMPLEMENTING AN ORIGINAL EDUCATIONAL ONLINE PLATFORM IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF A GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTION

Oleksandr KOVAL ✉

Dragomanov Ukrainian State University, Ukraine  
o.m.koval@npu.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0007-6122-5181>

Mariia UMRYK

Dragomanov Ukrainian State University, Ukraine  
m.a.umryk@npu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0396-0045>

### АНОТАЦІЯ

**Формулювання проблеми.** Стаття описує практичний досвід впровадження авторської онлайн платформи VirtualLaboratories в освітній процес закладу загальної середньої освіти. VirtualLaboratories – це освітня платформа для навчання програмування, яка спрямована на використання штучного інтелекту для автоматизації окремих процесів написання коду, оцінювання та перевірки готових програмних рішень.

**Матеріали і методи.** Експериментальною базою став «Миронівський академічний ліцей №3 Миронівської міської ради Київської області». Експеримент охоплював такі предмети: інформатика, окремі уроки математики де застосовувалися елементи програмування та факультатив з програмування в 6-9 класах.

**Результати.** Авторами проведено практичне експериментальне дослідження використання онлайн платформи VirtualLaboratories. Підтверджено, що використання платформи дає можливість учням самостійно виконувати програмні завдання з різних мов програмування (SQL, C# та Python) з можливістю отримувати автоматичний зворотний зв'язок, використовуючи саму систему. Наведені переваги використання освітньої платформи в освітньому процесі для вчителів та учнів та здійснено обговорення щодо перспектив і можливих напрямків оновлення нової версії платформи.

**Висновки.** Проведений експеримент показав ефективність використання онлайн платформи в умовах змішаного навчання, а саме під час поєднання традиційного навчання програмування з онлайн-інструментами платформи, що дало змогу забезпечити безперервний контроль за виконанням завдань учнями, підвищити мотивацію та забезпечити індивідуальний підхід до навчання. У подальших дослідженнях ланується розширити перелік підтримуваних мов програмування, додавши Java, JavaScript, PHP, C++ та Rust для охоплення більшої кількості студентів та розширення можливостей самої платформи.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** штучний інтелект; змішане навчання; нейронні мережі; програмування; навчальні платформи; перевірка коду; онлайн-інструменти для програмування.

**ДЛЯ ЦИТУВАННЯ:** Коваль О., Умрик М. Практичний досвід впровадження авторської онлайн платформи в освітній процес закладу загальної середньої освіти. *Фізико-математична освіта*, 2025. Том 40. № 1. С. 34-41. <https://doi.org/10.31110/fmo2025.v40i1-05>.

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** Ukrainian scientists are actively exploring the possibilities of using digital technologies in education. The article describes the practical experience of implementing the author's online platform, VirtualLaboratories, in the educational process of a general secondary education institution. VirtualLaboratories is an academic platform for teaching programming that aims to use artificial intelligence to automate certain processes of writing code and evaluating and testing ready-made software solutions.

**Materials and methods.** Myronivsky Academic Lyceum No. 3 of the Myronivsky City Council of the Kyiv Region became the experimental base. The experiment covered the following subjects: computer science, some math lessons where programming elements were used, and an elective in programming in grades 6-9.

**Results.** The authors conducted a practical experimental study using the online platform VirtualLaboratories. It is confirmed that the use of the platform allows students to independently perform program tasks in various programming languages (SQL, C#, and Python) with the ability to receive automatic feedback using the system itself. The advantages of using the educational platform in the educational process for teachers and students are presented, and a discussion is held on the prospects and possible directions for updating the new version of the platform.

**Conclusion.** The experiment showed the effectiveness of using the online platform in a blended learning environment, namely when combining traditional programming training with online platform tools. It made it possible to continuously monitor students' performance, increase motivation, and ensure an individual approach to learning. Future research plans to expand the list of supported programming languages to include Java, JavaScript, PHP, C++, and Rust to reach more students and develop the platform's capabilities.

**KEYWORDS:** artificial intelligence; ai; blended learning; neural networks; programming; educational platforms; code verification; online programming tools.

**FOR CITATION:** Koval, O., & Umryk, M. (2025). Practical experience in implementing an original educational online platform in the educational process of a general secondary education institution. *Physical and Mathematical Education*, 40(1), 34-41. <https://doi.org/10.31110/fmo2025.v40i1-05>.

**ВСТУП**

**Аналіз актуальних досліджень.** Українські вчені активно досліджують можливості застосування цифрових технологій в освітньому процесі. Це такі науковці як: В. Биков, М. Жалдак (2010), О. Кузьмінська, В. Кухаренко, В. Лапінський, М. Олійник, Н. Морзе (2021), Ю. Рамський (2010), С. Семеріков, Є. Смирнова-Трибульська, О. Спірін, Т. Собченко, О. Струтинська (2021), А. Стрюк, Ю. Триус, М. Умрик (2024), В. Франчук та інші.

Значний внесок у розвиток цифрових технологій в освіті зробили науковці М. Жалдак та Ю. Рамський (2010). М. Жалдак у своїх працях зосереджувався на впровадженні інформаційних технологій у освітній процес, зокрема на використанні електронних освітніх ресурсів для підвищення якості освіти. Ю. Рамський досліджував проблеми цифровізації освіти, логічних основ інформатики, акцентуючи увагу на розвитку цифрової компетентності педагогів та впливі цифрових технологій на освітній процес.

На міжнародному рівні подібні дослідження активно підтримують науковці та інженери. Наприклад, професор А. Інґ з Університету Стенфорда, відомий своїми дослідженнями у сфері штучного інтелекту, стверджує, що автоматизація освітніх процесів є ключем до персоналізації навчання та підвищення його якості. У своїх роботах він доводить, що алгоритми машинного навчання можуть не тільки перевіряти знання студентів, але й надавати рекомендації для покращення результатів навчання учнів (McKinsey & Company, 2021). Штучний інтелект – розділ інформатики, в якому досліджують питання створення і подальше застосування інтелектуальних машин, здатних виконувати завдання, які зазвичай потребують людського інтелекту. Ці завдання можуть стосуватися простих дій притаманних людині, таких як, розпізнавання мови чи зображень, а також більш складних завдань, в які закладено складну людську поведінку і здатність до навчання (розумні помічники, наставники, автопілоти в машинах, чат боти тощо). Простими словами штучний інтелект – це метод змусити комп'ютер чи програмне забезпечення «мислити» як людський мозок. Це досягається шляхом вивчення закономірностей роботи людського мозку та аналізу когнітивних процесів. Нейронна мережа – один із напрямків штучного інтелекту, мета якого змодельювати аналітичні механізми, що здійснюються людським мозком. Нейромережі здатні самостійно навчатися і розвиватися, будуючи свій досвід на помилках (Умрик & Коваль, 2024; Ng, n.d.).

У сфері комерційних продуктів також існують рішення, що спрямовані на використанні переваг цифрових технологій в освітньому процесі. Одним із провідних прикладів є Coursera – платформа, яка станом на 2023 рік налічує понад 124 мільйони учнів по всьому світу та пропонує більше 5 000 курсів з різних дисциплін, серед яких курси з програмування є одними з найпопулярніших. Згідно з дослідженням компанії HolonIQ, у 2022 році понад 80% студентів, які вивчають програмування на Coursera, завершили курси з успішним результатом, завдяки інтеграції штучного інтелекту для автоматизованої перевірки завдань. Крім того, 87% опитаних студентів зазначили, що отриманий зворотний зв'язок допоміг їм краще зрозуміти матеріал (HolonIQ Global Education Market Report, 2022).

Інший приклад використання цифрових технологій для процесу навчання програмування – GitHub Copilot, інструмент для програмістів, що використовує штучний інтелект для генерації та виправлення коду в реальному часі. Дослідження, проведене компанією GitHub у 2023 році, показало, що цей інструмент використовують понад 1,2 мільйона розробників по всьому світу, з яких більше 30% працюють в освітніх установах (GitHub Education Annual Report, 2023). Copilot генерує понад 4 мільйони рядків коду щомісяця, полегшуючи процес розробки та навчання програмуванню. Згідно з опитуванням, проведеним серед користувачів, 73% студентів вважають, що Copilot покращує їхні навички програмування завдяки миттєвому зворотному зв'язку та підказкам щодо оптимізації коду (GitHub Copilot User Study, 2023). Крім того, використання Copilot зменшує час написання коду на 50%, що значно пришвидшує освітній процес (GitHub Developer Survey, 2023).

У контексті використання переваг цифрових технологій для навчання програмування, платформи подібні до Coursera і GitHub Copilot можуть позитивно вплинути на процес навчання учнів, забезпечуючи постійну взаємодію між учнями та вчителем через освітню платформу. Використання штучного інтелекту не тільки підвищує ефективність перевірки завдань, але й дозволяє індивідуалізувати навчання для кожного учня, враховуючи його прогрес та потреби.

Також нині активно ведуться обговорення серед українських та зарубіжних науковців щодо застосування таких сучасних інструментів, як інтернет речей (IoT), віртуальна та доповнена реальність (AR/VR), штучний інтелект (AI) та нейронні мережі в освітньому процесі.

**Проблема дослідження:** незважаючи на те, що на сьогоднішній день, існують численні освітні онлайн платформи, які використовують сучасні інструменти навчання, зокрема штучний інтелект і нейронні мережі в освітньому процесі, є нестача саме таких інструментів для вивчення програмування учнями закладів загальної середньої освіти. Тому, ґрунтуючись на попередні дослідження авторів (Умрик & Коваль, 2024; Morze & Strutynska, 2021; Strutynska et al., 2020; Zhu et al., 2016; Jemni & Khribi, 2017), щодо використання штучного інтелекту в освітньому процесі, в умовах змішаного навчання, виникла необхідність в розробці авторської онлайн платформи VirtualLaboratories на основі штучного інтелекту для навчання програмування учнів, яка б допомогла вирішити ряд питань, зокрема проблеми ефективного написання коду учнем і перевірки готових програмних рішень вчителем в умовах змішаного навчання.

**Мета дослідження:** розробка та впровадження авторської освітньої онлайн платформи VirtualLaboratories в освітній процес закладу загальної середньої освіти, здійснення експериментальної перевірки використання платформи під час вивчення програмування учнів Юхнівській філії Опорного закладу освіти «Миронівський академічний ліцей №3 Миронівської міської ради Київської області». Експеримент охоплював такі предмети: інформатика, окремі уроки математики де застосовувалися елементи програмування та факультатив з програмування в 6-9 класах.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення мети дослідження були використані наступні методи, що відповідають особливостям впровадження платформи VirtualLaboratories:

1. Аналіз джерел – проведено огляд літератури з тематики змішаного навчання, автоматизації освітніх процесів та використання технологій штучного інтелекту. Це дозволило визначити наукові підходи та виявити найкращі практики для впровадження автоматизованих інструментів у освітній процес.

2. Моделювання освітнього процесу – розробка окремих елементів методичної системи навчання програмування (засоби, зміст) з використанням онлайн платформи VirtualLaboratories, яка забезпечує автоматизовану перевірку завдань і надання зворотного зв'язку. Це дозволило, з одного боку, практично реалізувати процес програмування учнями і, з іншого, сформувати остаточну архітектуру платформи, що поєднує традиційне навчання програмування з інноваційними підходами.

3. Емпіричні методи – проведення експерименту з впровадження онлайн платформи VirtualLaboratories у освітній процес Юхнівської філії. Це включало спостереження за навчальним процесом, аналіз ефективності застосування онлайн платформи на основі успішності учнів, а також оцінку мотивації учнів та навантаження на вчителів.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1. Основні результати дослідження

Сучасна система освіти переживає трансформацію, де цифрові технології стають невід'ємною частиною навчання. Онлайн платформа VirtualLaboratories створена для гнучкого навчання програмуванню, поєднуючи традиційні методи з новітніми технологіями. Платформа спрямована на використання штучного інтелекту, а саме нейронних мереж, для автоматизації окремих процесів написання коду, оцінювання та перевірки готових програмних рішень. Одним із ключових компонентів VirtualLaboratories є використання нейронних мереж для автоматизації перевірки завдань. Платформа інтегрує дев'ять потужних моделей штучного інтелекту, включаючи (Умрик & Коваль, 2024): GPT-4 Code, CodeBERT, CodeT5, GraphCodeBERT, CodeGPT, PolyCoder, CoText, Code2Vec, GraphCodeBERT.

Використання цих моделей дозволяє досягти високого рівня автоматизації навчального процесу. Нейронні мережі не лише перевіряють правильність коду, але й надають учням детальні рекомендації для його покращення. Це сприяє розвитку в учнів критичного мислення, самостійності та здатності до аналізу своїх помилок.

Для створення платформи VirtualLaboratories були використані такі технології: - ASP.NET Core MVC забезпечує стабільну роботу веб-інтерфейсу платформи та інтеграцію компонентів. Ідеально підходить для створення масштабованих додатків; - GRPC використовується для ефективної взаємодії між компонентами та швидкої передачі даних між сервером і клієнтом; - Docker забезпечує зручне розгортання, масштабування та стабільну роботу платформи. SQL Server використовується для зберігання завдань, результатів учнів та даних користувачів, забезпечуючи швидкий доступ до них; - Entity Framework забезпечує зручну роботу з базою даних через ORM, спрощуючи взаємодію з даними; - Razor Pages забезпечує створення динамічних веб-сторінок для інтерактивного інтерфейсу; - тестування (xUnit, NUnit) використовуються для перевірки компонентів платформи, забезпечуючи стабільність і якість коду (Жалдак & Рамський, 2010).

Платформа була розроблена з використанням середовища Visual Studio 2022, що забезпечує зручні інструменти для розробки, налагодження та тестування. Visual Studio 2022 була обрана через її потужний функціонал, інтеграцію з іншими технологіями Microsoft, а також зручність роботи з великими проектами.

### 1.1 Архітектура та реалізація програми

Для забезпечення високої функціональності та масштабованості платформи VirtualLaboratories була розроблена комплексна архітектура з використанням ASP.NET Core MVC. Це дозволяє забезпечити інтерактивну взаємодію користувачів із платформою та ефективний освітній процес. Нижче представлено дерево класів, що описує основні компоненти платформи.

<b>Virtual Laboratories</b>	<b>Controllers</b>	<b>TaskController:</b> Керує завданнями (створення, редагування, видалення). <b>GroupController:</b> Управління групами (додавання учнів, перегляд завдань). <b>ResultController:</b> Обробка результатів (перевірка, зворотний зв'язок).
	<b>Services</b>	<b>TaskService:</b> Бізнес-логіка завдань (вибір нейромереж, взаємодія через gRPC). <b>GroupService:</b> Операції з групами (створення, редагування, видалення). <b>FeedbackService:</b> Зворотний зв'язок на основі нейромереж.
	<b>Models</b>	<b>Task:</b> Опис завдань (назва, опис, нейромережа). <b>Group:</b> Навчальна група (учні, завдання). <b>Result:</b> Результати завдань (оцінка, рекомендації).
	<b>Repositories</b>	<b>TaskRepository:</b> Доступ до даних завдань (Entity Framework). <b>GroupRepository:</b> Доступ до даних груп. <b>ResultRepository:</b> Збереження результатів завдань.
	<b>NeuralNetworks</b>	<b>GPT4CodeAnalyzer:</b> Аналіз коду (GPT-4). <b>CodeBERTAnalyzer:</b> Виявлення помилок у кодї. <b>CodeT5Assistant:</b> Підказки і документація до коду.

Рис. 1. Дерево класів, що описує основні компоненти платформи.

Джерело: авторська розробка.

Нижче наведено фрагмент коду, що відповідає за перевірку завдань із використанням нейронної мережі GPT-4 (рис. 2). Цей фрагмент демонструє, як платформа взаємодіє з моделлю для отримання рекомендацій.

```

public class TaskService(GPT4CodeAnalyzer _gpt4CodeAnalyzer, ILogger<TaskService> _logger, IGrpcDatabaseClient _grpcDatabaseClient) : ITaskService
{
    public async Task AnalyzeTaskAsync(string studentCode, string taskId)
    {
        try
        {
            var analysisResult = await _gpt4CodeAnalyzer.AnalyzeCodeAsync(studentCode);
            _logger.LogInformation("Аналіз завдання успішно завершено для коду: {Code}", studentCode);

            if (ValidateAnalysis(analysisResult)) await ProcessAnalysisResultAsync(analysisResult, taskId);
            else _logger.LogWarning("Аналіз {taskId} містить некоректні результати і не буде збережений.", taskId);
        }
        catch (Exception ex)
        {
            _logger.LogError(ex, "Помилка під час аналізу коду: {Code}", studentCode);
        }
    }

    private bool ValidateAnalysis(dynamic analysisResult)
    {
        var criticalErrors = analysisResult.Recommendations?.Where(r => r.Contains("Critical")).ToList();
        if (criticalErrors != null && criticalErrors.Any())
        {
            _logger.LogWarning("Знайдено критичні помилки в аналізі коду.");
            return false;
        }

        if (analysisResult.Metrics != null && analysisResult.Metrics["Cyclomatic Complexity"] > 20)
        {
            _logger.LogWarning("Цикломатична складність занадто висока: {Complexity}", analysisResult.Metrics["Cyclomatic Complexity"]);
            return false;
        }
        return true;
    }

    private async Task ProcessAnalysisResultAsync(dynamic result, string taskId)
    {
        var analysisRecord = new CodeAnalysisResultGrpcRequest
        {
            TaskId = taskId,
            Result = result.DetailedFeedback,
            Recommendations = string.Join(", ", result.Recommendations),
            CreatedAt = Timestamp.FromDateTime(DateTime.UtcNow)
        };

        var response = await _grpcDatabaseClient.SaveAnalysisResultAsync(analysisRecord);
        response.IsSuccess
        ? _logger.LogInformation("Результати успішно збережені через gRPC для TaskId: {taskId}", taskId);
        : _logger.LogError("Не вдалося зберегти результати через gRPC для TaskId: {taskId}", taskId);
    }
}

```

Рис. 2. Фрагмент коду, що відповідає за перевірку завдань із використанням нейронної мережі GPT-4.

*Джерело: авторська розробка.*

У цьому фрагменті клас TaskService використовує компонент GPT4CodeAnalyzer для аналізу коду, який надсилає учень. Метод AnalyzeTaskAsync відповідає за виклик нейронної мережі та отримання зворотного зв'язку, який потім передається учню для вдосконалення його рішень. Цей підхід дозволяє забезпечити швидку та ефективну перевірку завдань з мінімальним залученням вчителя.

### 1.2 Інтерфейс користувача та приклади функціоналу

Платформа VirtualLaboratories побудована з урахуванням простоти та інтуїтивності інтерфейсу для користувачів різного рівня підготовки. Інтерфейс орієнтований на зручну роботу як для учнів, так і для вчителів, що робить процес взаємодії з системою максимально ефективним.

#### Інтерфейс створення завдань

Однією з основних функцій платформи є можливість створення завдань вчителями. Інтерфейс для створення завдань включає кілька важливих елементів:

- поля для введення назви та опису завдання.
- опції для вибору нейронної мережі для перевірки коду.
- можливість вибору існуючої групи або створення нової.
- функція автоматичної генерації шпаргалок.

#### Перегляд груп і завдань

Кожна група, створена вчителем, має свою сторінку, де перелічені всі завдання, призначені для учнів цієї групи. Учні можуть легко переглядати список завдань, а також переглядати деталі кожного з них, включаючи автора, опис та можливі підказки.

На сторінці завдань для учнів доступні такі послуги:

- Перегляд скороченого опису завдань із можливістю розгорнути для детальнішого вивчення.
- Перегляд авторів завдань і груп, до яких належать завдання.
- Кнопки для переходу до детального розв'язання завдання.

Це дозволяє учням швидко орієнтуватися в наданих завданнях і зосереджуватися на конкретних задачах.

#### Функціонал перевірки рішень

Після того, як учень завершує роботу над завданням, він може надіслати своє рішення для перевірки. Система автоматично обирає одну з нейронних мереж, яку вчитель призначив для конкретного завдання, та здійснює аналіз коду.

**Ваш Код**

```
SELECT *
FROM [Users]
WHERE [Role] = 'Admin'
```

Evaluate

**Дані Завдання**

Змінна	Значення
UserID	123
UserName	JohnDoe
Role	Admin

**Шпаргалка**

Це шпаргалка, згенерована штучним інтелектом.

Деталі Шпаргалки

- Використовуйте правильні імена змінних для кращого розуміння.
- Дотримуйтесь принципів оптимізації коду, особливо в SQL-запитах.
- Перевіряйте результати на наявність нульових або некоректних значень.

**Результати Оцінки**

Оцінка: 95/100. Ваш код оптимальний та ефективний, проте можна покращити продуктивність за рахунок використання індексів у запитах.

**Рис. 3. Послуга відправки рішення на перевірку з використанням нейронної мережі GPT-4.**

*Джерело: авторська розробка.*

На зображенні відображений процес відправки рішення на перевірку з використанням нейронної мережі GPT-4, що надає рекомендації для покращення коду (рис. 3).

#### *Функція генерації шпаргалок*

Особливою можливістю платформи є функція автоматичної генерації шпаргалок. Після введення завдання та вибору нейронної мережі вчитель може автоматично згенерувати шпаргалку, яка допоможе учням краще зрозуміти завдання та його вимоги.

#### *Пошук та пагінація*

Для зручності пошуку завдань платформа підтримує функцію фільтрації та пагінації. Учні можуть вводити ключові слова для пошуку завдань за назвою, автором або групою, що дозволяє швидко знаходити необхідні матеріали. Крім того, платформа підтримує пагінацію для легшого навігаційного досвіду.

#### *Результати аналізу коду та підбір кращих рішень*

Після перевірки завдань нейронною мережею платформа надає детальні результати аналізу коду. Учні можуть побачити, де вони допустили помилки, які частини коду потребують оптимізації, та які рекомендації надала нейронна мережа. Крім того, учні можуть переглядати кращі рішення, надані іншими учнями, щоб порівняти свій підхід з іншими. Ця функція допомагає учням не тільки виправляти свої помилки, але й вивчати нові підходи до розв'язання завдань.

## **2. Експериментальна перевірка та аналіз результатів використання освітньої платформи в навчальному процесі**

Для оцінки ефективності платформи VirtualLaboratories було проведено експериментальне дослідження в рамках навчального процесу в Юхнівській філії Опорного закладу освіти «Миронівський академічний ліцей №3». Основною метою експерименту було з'ясувати, як впровадження платформи впливає на результати учнів, зокрема на їхні знання та навички в програмуванні, а також на організацію навчального процесу вчителів. Експеримент охоплював уроки з інформатики, математики та факультатив з програмування в 6-9 класах. У дослідженні взяли участь 20 учнів (10 учнів контрольна група і 10 учнів експериментальна група) та 5 вчителів.

Експеримент тривав один семестр, з вересня по грудень навчального року, і охоплював уроки з інформатики, математики та факультативні заняття з програмування. Загалом проведено 24 уроки, із них: 8 уроків інформатики, 8 уроків математики та 8 факультативних занять з програмування. У кожному предметі було проведено по 4 уроки в контрольній групі та 4 в експериментальній, що забезпечило рівні умови для обох груп та можливість порівняння результатів.

На уроках інформатики учні експериментальної групи використовували платформу VirtualLaboratories для розв'язування практичних завдань, пов'язаних з основами алгоритмізації, що включало вивчення базових команд, циклів і умов. На уроках математики VirtualLaboratories застосовувалася для інтерактивного опрацювання завдань із логічного мислення та моделювання математичних задач, що полегшувало засвоєння нових тем.

**Таблиця 1. Етапи експерименту з описом дій**

Етапи експерименту	Опис дій
<b>Підготовчий етап (вересень)</b>	Тестування початкових знань учнів з інформатики, математики та програмування; Інструктаж для вчителів з використання VirtualLaboratories.
<b>Основний етап (жовтень–листопад)</b>	Інформатика та математика (8 уроків) – завдання через VirtualLaboratories для експериментальної групи; контрольна група використовує традиційні методи. Факультатив з програмування (8 уроків) – практичні завдання на Python із зворотним зв'язком платформи.
<b>Проміжний контроль (листопад)</b>	Проведення тестування для порівняння прогресу двох груп; Опитування учнів щодо використання платформи.
<b>Підсумковий етап (грудень)</b>	Фінальне тестування для оцінки навчальних досягнень; Опитування вчителів і учнів щодо досвіду роботи з платформою; Порівняння результатів, аналіз часу перевірки та створення рекомендацій.

*Джерело: авторська розробка.*

Перед початком експерименту був здійснений аналіз початкового рівня знань учнів за допомогою тестування, що дозволило визначити базові знання і навички кожного учня. Це забезпечило можливість коректно порівняти результати двох груп після завершення експерименту. Окрім цього, проводилося опитування вчителів, щоб зібрати їхні враження щодо зручності використання платформи та її впливу на організацію навчального процесу.

Після завершення експерименту було проведено порівняння середніх оцінок учнів двох груп на основі їхніх успіхів у вирішенні програмних завдань. Результати показали, що учні з експериментальної групи продемонстрували вищі результати в порівнянні з учнями контрольної групи. Це свідчить про те, що автоматизований зворотний зв'язок і можливість самостійного покращення своїх рішень сприяли глибшому засвоєнню матеріалу.

На графіку показано порівняння середніх оцінок учнів контрольної та експериментальної груп, де видно, що учні експериментальної групи мають вищий рівень успішності (рис. 4).

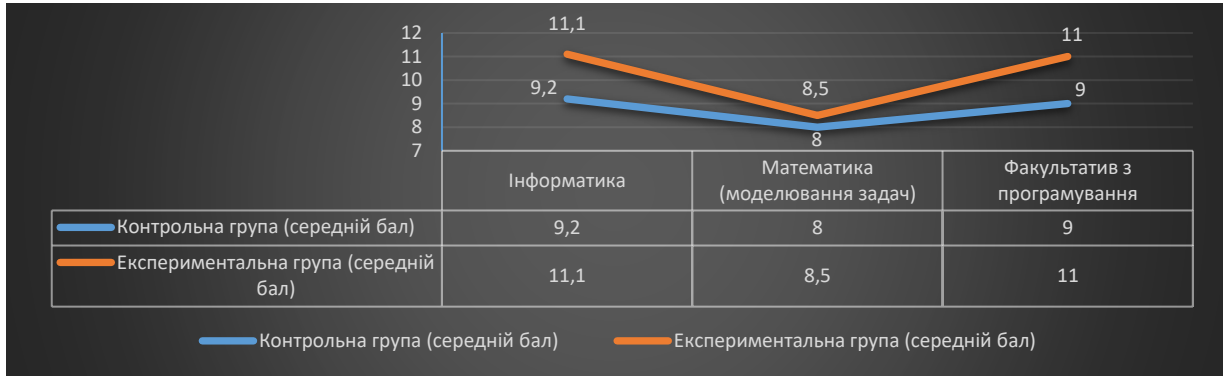


Рис. 4. Порівняння середніх оцінок учнів контрольної та експериментальної груп.

Джерело: авторська розробка.

Середній бал експериментальної групи був на 15% вищим у порівнянні з контрольною групою, що підтверджує ефективність використання VirtualLaboratories для навчання програмуванню (рис. 4).

Одним із ключових завдань впровадження платформи VirtualLaboratories було оптимізувати часові ресурси педагогів за рахунок автоматизації процесу перевірки завдань. У контрольній групі часові витрати вчителів на перевірку здійснювались традиційним методом, включаючи ручний аналіз коду та коментування. Натомість у експериментальній групі платформа автоматично проводила оцінку коду, виявляла помилки та генерувала індивідуальні рекомендації для кожного учня.

Порівняльний аналіз зібраних даних свідчить про суттєве скорочення часу, витраченого на перевірку завдань у експериментальній групі, що дозволило педагогам спрямувати звільнені часові ресурси на підтримку учнів у складніших аспектах навчального процесу та надання їм індивідуалізованої допомоги.

На графіку (рис. 5) показано порівняння часу, витраченого вчителями на перевірку завдань до та після впровадження платформи, де видно значне скорочення витрат часу.



Рис. 5. Порівняння часу, витраченого вчителями на перевірку завдань до та після впровадження платформи.

Джерело: авторська розробка.

Це дозволяє вчителям зосередитися на вирішенні більш складних питань та наданні допомоги учням, які потребують індивідуального підходу.

Таким чином, впровадження платформи VirtualLaboratories у освітній процес є успішним прикладом ефективної інтеграції технологій штучного інтелекту у змішане навчання, що значно покращує якість навчання та підвищує ефективність роботи вчителів.

### 3. Обговорення. Перспективи та можливі напрямки оновлення нової версії платформи

Платформа VirtualLaboratories вже продемонструвала свою ефективність у навчальному процесі, проте її функціональні можливості можуть бути значно розширені для забезпечення ще більшої підтримки викладання програмування та інших дисциплін. Основними напрямками розвитку є вдосконалення інструментів аналізу коду, інтеграція з освітніми системами, розширення автоматизованого зворотного зв'язку, а також впровадження нових моделей штучного інтелекту, які дозволять аналізувати складні завдання, зокрема великі проекти та багатопотокові додатки.

*Переваги використання платформи в навчальному процесі для вчителів та учнів:*

- автоматична перевірка завдань дозволяє зменшити навантаження на вчителя, оскільки система аналізує рішення учнів за допомогою нейронних мереж;
- швидка оцінка результатів і можливість надавати індивідуальні рекомендації дозволяє вчителям ефективніше взаємодіяти з учнями;
- миттєвий зворотний зв'язок допомагає учням швидко виявляти помилки та вдосконалювати свої знання, не чекаючи особистої перевірки вчителем;
- широкий вибір завдань дозволяє учням практикуватися у різних програмних мовах та рівнях складності.

Однією з ключових переваг VirtualLaboratories є підтримка індивідуального підходу, що дозволяє учням отримувати рекомендації на основі відповідей та вдосконалювати їх через повторні спроби. Водночас дослідження має обмеження: експеримент охоплював лише 20 учнів 6–9 класів та був зосереджений на вивченні SQL, C#, Python у межах інформатики, математики та факультативів з програмування. Через невелику вибірку надійність результатів потребує додаткових експериментів з більшою кількістю учнів та вчителів.

Крім того, планується розширити перелік підтримуваних мов програмування, додавши Java, JavaScript, PHP, C++ та Rust. Ці мови широко використовуються в освітніх програмах і професійній діяльності, що сприятиме охопленню більшої кількості студентів та розширенню можливостей платформи, роблячи її незамінним інструментом для навчання веб- і системного програмування.

Платформа VirtualLaboratories спроектована з урахуванням можливості масштабування, що дозволяє її використання в освітніх установах з великою кількістю учнів і курсів. Для цього передбачається вдосконалення інфраструктури з підтримкою великих обсягів даних і паралельної обробки, що забезпечить ефективну обробку тисяч запитів одночасно, гарантуючи високу продуктивність навіть за значного навантаження.

Порівнюючи отримані результати з іншими дослідженнями впливу технологій на результати навчання програмуванню, можна побачити певну кореляцію: автоматизований зворотний зв'язок, як і в інших подібних платформах, сприяє зростанню мотивації учнів та покращенню їхніх практичних навичок. Дослідження також свідчать, що технології штучного інтелекту, інтегровані в навчальні платформи, позитивно впливають на результати навчання, особливо при поєднанні традиційних методів з інноваційними підходами, що узгоджується з виявленими перевагами VirtualLaboratories.

Інтеграція з системами управління навчальними процесами (LMS), такими як Moodle та Google Classroom, дозволить централізувати управління курсами, завданнями та результатами учнів, що підвищить зручність для викладачів та адміністраторів. Синхронізація даних між платформами забезпечить більш ефективне керування освітнім процесом і спростить роботу для всіх учасників навчання.

Таким чином, розвиток VirtualLaboratories передбачає постійне вдосконалення функціональності, розширення підтримуваних мов програмування, інтеграцію з освітніми системами та масштабування. Це дозволить платформі залишатися сучасним інструментом для навчання програмуванню, що адаптується до вимог викладачів і учнів незалежно від рівня та специфіки навчальних закладів, сприяючи розвитку сучасної української освіти.

## ВИСНОВКИ

Платформа VirtualLaboratories є потужним інструментом для інтеграції сучасних технологій у процес викладання програмування, особливо у форматі змішаного навчання. Використання VirtualLaboratories суттєво підвищило рівень знань та навичок учнів завдяки автоматизованому зворотному зв'язку від нейронних мереж. Учні отримували детальні підказки та рекомендації щодо виправлення помилок, що сприяло покращенню їхніх результатів. Експериментальні результати демонструють, що учні, які працювали з платформою, досягали вищих середніх оцінок у порівнянні з тими, хто використовував традиційні методи навчання.

Автоматична перевірка рішень дозволила вчителям зосередитися на індивідуальній роботі з учнями. Це зменшило навантаження на вчителів, адже вони витрачали менше часу на рутинну перевірку завдань, що дозволило більше уваги приділяти розвитку особистих навичок учнів та їхній індивідуальній підтримці.

Платформа також дозволила учням працювати у власному темпі, самостійно вдосконалюючи свої рішення та отримуючи негайний зворотний зв'язок. Це сприяло розвитку самостійності, критичного мислення та відповідальності. Можливість повторного виконання завдань і отримання підказок допомагала краще зрозуміти матеріал і закріпити знання.

VirtualLaboratories демонструє себе як ефективний інструмент для підтримки змішаного навчання, що поєднує традиційні методи з інноваційними технологіями. Використання платформи глибше залучає учнів до навчання, надаючи їм актуальні навчальні матеріали та автоматизовані інструменти для покращення своїх навичок. Подальший розвиток платформи відкриває нові можливості для адаптації до різних освітніх контекстів, що сприятиме підвищенню якості освіти в Україні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. GitHub Copilot. (2023). *User Study, 2023*. Retrieved from <https://github.blog/news-insights/research/research-quantifying-github-copilots-impact-on-developer-productivity-and-happiness>.
2. GitHub Education. (2023). *GitHub Education Annual Report, 2023*. Retrieved from <https://education.github.com/>.
3. GitHub. (2023). *Developer Survey, 2023*. Retrieved from <https://github.blog/news-insights/research/the-economic-impact-of-the-ai-powered-developer-lifecycle-and-lessons-from-github-copilot>.
4. Green, J. (2021). Вступ до платформи .NET та C#: *Практичне керівництво для розробників*. Львів: Видавництво «Нова Зоря».
5. Jemni, M., & Khribi, M. K. (2017). *ALECSO smart learning framework*. Retrieved from <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-021-00170-x>.
6. McKinsey, & Company. (2021). *New global data reveal education technology's impact on learning*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/education/our-insights/new-global-data-reveal-education-technologys-impact-on-learning>.
7. Morze, N., & Strutynska, O. (2021) Digital transformation in society: key aspects for model development. *Journal of Physics Conference Series*, 1946(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1946/1/012021>.
8. Ng, A. (n.d.). *Origins of the Modern MOOC (xMOOC)*. Retrieved from <https://www.andrewng.org/>.
9. Strutynska, O.V., Torbin, G.M., Umryk, M.A., & Vernydub, R.M. (2020). Digitalization of the educational process for the training of the pre-service teachers. *CEUR Workshop Proceedings, 2879*, 179-199. Retrieved from: <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper07.pdf>
10. UNESCO. (2023). *Global education monitoring report summary*. Retrieved from <https://www.unesco.org/en/articles/global-education-monitoring-report-summary-2023-technology-education-tool-whose-terms-hin>.
11. Zhu, X., Wang, Y., & Liu, J. (2016). Smart education framework. *Smart Learning Environments*. Retrieved from <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-021-00170-x>.
12. Жалдак, М. І., & Рамський, Ю. С. (2010). Шкільній інформатиці–25! *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, 8 (15), 3-19.
13. Колодійчук, О., & Сидоренко, О. (2020). Використання штучного інтелекту в освітніх процесах: міжнародний досвід. *Теорія і практика реалізації сучасних педагогічних методик та технологій в освіті*. Retrieved from <https://lib.iitta.gov.ua/727300/>.
14. Умрик, М., & Коваль, О. (2024) Використання штучного інтелекту для автоматизації процесу створення освітніх тестів. *Міждисциплінарні дослідження складних систем*, 24, 179-200. <https://doi.org/10.31392/iscs.2024.24>.

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. GitHub Copilot. (2023). *User Study, 2023*. Retrieved from <https://github.blog/news-insights/research/research-quantifying-github-copilots-impact-on-developer-productivity-and-happiness>.
2. GitHub Education. (2023). *GitHub Education Annual Report, 2023*. Retrieved from <https://education.github.com/>.
3. GitHub. (2023). *Developer Survey, 2023*. Retrieved from <https://github.blog/news-insights/research/the-economic-impact-of-the-ai-powered-developer-lifecycle-and-lessons-from-github-copilot>.
4. Green, J. (2021). Introduction to the .NET and C# Platform: *A Practical Guide for Developers*. Lviv: Nova Zorya Publishing House. (in Ukrainian).
5. Jemni, M., & Khribi, M. K. (2017). *ALECSO smart learning framework*. Retrieved from <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-021-00170-x>.
6. McKinsey, & Company. (2021). *New global data reveal education technology's impact on learning*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/education/our-insights/new-global-data-reveal-education-technologys-impact-on-learning>.
7. Morze, N., & Strutynska, O. (2021) Digital transformation in society: key aspects for model development. *Journal of Physics Conference Series*, 1946(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1946/1/012021>.
8. Ng, A. (n.d.). *Origins of the Modern MOOC (xMOOC)*. Retrieved from <https://www.andrewng.org/>.
9. Strutynska, O.V., Torbin, G.M., Umryk, M.A., & Vernydub, R.M. (2020). Digitalization of the educational process for the training of the pre-service teachers. *CEUR Workshop Proceedings, 2879*, 179-199. Retrieved from: <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper07.pdf>
10. UNESCO. (2023). *Global education monitoring report summary*. Retrieved from <https://www.unesco.org/en/articles/global-education-monitoring-report-summary-2023-technology-education-tool-whose-terms-hin>.
11. Zhu, X., Wang, Y., & Liu, J. (2016). Smart education framework. *Smart Learning Environments*. Retrieved from <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-021-00170-x>.
12. Zhaldak, M. I., & Ramskyi, Yu. S. (2010). Shkilnii informatytsi–25! [School Informatics–25!] *Naukovyi chasopys Ukrainskoho derzhavnoho universytetu imeni Mykhaila Drahomanova. Serii 2. Kompiuterno-orientovani systemy navchannia – Scientific Journal of the Mykhailo Drahomanov Ukrainian State University. Series 2. Computer-Oriented Learning Systems*, 8 (15), 3-19. (in Ukrainian).
13. Kolodiihchuk, O., & Sydorenko, O. (2020). Vykorystannia shtuchnoho intelektu v osvritnikh protsesakh: mizhnarodnyi dosvid [Using Artificial Intelligence in Educational Processes: International Experience]. *Teoriia i praktyka realizatsii suchasnykh pedahohichnykh metodyk ta tekhnolohii v osviti – Theory and Practice of Implementing Modern Pedagogical Methods and Technologies in Education*. Retrieved from <https://lib.iitta.gov.ua/727300/>. (in Ukrainian).
14. Umryk, M., & Koval, O. (2024) Vykorystannia shtuchnoho intelektu dlia avtomatyzatsii protsesu stvorennia osvritnikh testiv [Using Artificial Intelligence to Automate the Process of Creating Educational Tests]. *Mizhdystyplinarni doslidzhennia skladnykh system – Interdisciplinary Studies of Complex Systems*, 24, 179-200. <https://doi.org/10.31392/iscs.2024.24>. (in Ukrainian).

Матеріал надійшов до редакції 29.10.2024р.

