

УДК 004.89

DOI <https://doi.org/10.36994/2788-5518-2025-01-09-17>

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ВИКЛАДАЧА ПІД ЧАС ФОРМУВАННЯ ТЕСТІВ З МАТЕМАТИЧНИМ СКЛАДНИКОМ

Одрібець Н. В., к.ф.-м.н., Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», Київ, Україна. <https://orcid.org/0009-0008-0176-1211>, sosn@ukr.net

Одрібець С. П., к.ф.-м.н., Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», Київ, Україна. <https://orcid.org/0009-0002-2522-5794>, s.odribets@gmail.com

Богун Р. І., к.ф.-м.н., Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», Київ, Україна. <https://orcid.org/0009-0002-8519-2234>, bohun.roma@gmail.com

Анотація. У статті розглянуто підхід до проектування інтелектуальної системи підтримки викладача в процесі формування тестових завдань для навчальних дисциплін з математичним складником. Основну увагу приділено розробленню архітектури програмного рішення, що забезпечує поєднання сучасних мовних моделей з шаблонами, сформованими відповідно до рівнів таксономії Блума. Такий підхід дає змогу автоматизовано створювати тести з урахуванням рівня складності й форми відповіді.

Запропонована система включає п'ять основних компонентів: модуль генерації запитань з підтримкою таксономії Блума, інтегрований LLM-модуль для обробки природної мови, математичний модуль для роботи з формулами у форматі LaTeX і перевірки еквівалентності математичних виразів, вебінтерфейс на базі Streamlit і сервіс експорту у форматі LMS.

Окремо описано реалізацію модуля генерації математичних виразів і формул з використанням мови розмітки LaTeX, що забезпечує зручну візуалізацію контенту для викладача й студента. Обробка відкритих відповідей, які передбачають введення формул або виразів, реалізована за допомогою бібліотеки символьних обчислень SymPy, що дає змогу здійснювати автоматизовану перевірку математичної коректності відповідей. Для побудови інтерфейсу системи генерації тестів використано фреймворк Streamlit, що забезпечує інтерактивну взаємодію та простоту розгортання. Запропонована система передбачає інтеграцію з популярними освітніми платформами, зокрема Moodle, і підтримує експорт згенерованих завдань у відповідні формати імпорту.

Проведено експериментальну перевірку функціональних можливостей системи в навчальному процесі, яка засвідчила підвищення ефективності оцінювання, скорочення часу на підготовку завдань і зменшення навантаження на викладачів. Особливу цінність система становить в умовах дистанційного та змішаного навчання, де автоматизація процесів оцінювання є критично важливою для забезпечення якості освіти.

Ключові слова: інтелектуальні системи, генерація тестів, вища математика, мовні моделі, Streamlit, Moodle, таксономія Блума.

INTELLIGENT TECHNOLOGIES FOR SUPPORTING TEACHERS IN THE FORMATION OF TESTS WITH MATHEMATICAL COMPONENT

Nataliia Odribets, Ph.D., Ass. Prof., Open International University of Human Development "Ukraine", Kyiv, Ukraine. <https://orcid.org/0009-0008-0176-1211>, sosn@ukr.net

Serhii Odribets, Ph.D., in Physical and Mathematical Sciences, Open International University of Human Development "Ukraine", Kyiv, Ukraine. <https://orcid.org/0009-0002-2522-5794>, s.odribets@gmail.com

Roman Bohun, Ph.D., Open International University of Human Development "Ukraine", Kyiv, Ukraine. <https://orcid.org/0009-0002-8519-2234>, bohun.roma@gmail.com

Abstract. The article considers an approach to designing an intelligent support system for a teacher in the process of creating test tasks for academic disciplines with a mathematical component. The main focus is on the development of a software solution architecture that combines modern language models with templates formed according to the levels of Bloom's taxonomy. This approach allows for the automated creation of tests, taking into account the level of difficulty and the form of the answer.

The proposed system includes five main components: a question generation module with support for Bloom's taxonomy, an integrated LLM module for natural language processing, a mathematical module for working with formulas in LaTeX format and checking the equivalence of mathematical expressions, a web interface based on Streamlit, and a service for exporting to LMS formats.

Separately, the implementation of the module for generating mathematical expressions and formulas using the LaTeX markup language is described, which ensures convenient content visualization for the teacher and student. The processing of open-ended answers, which involve the input of formulas or expressions, is implemented using the SymPy symbolic computation library, which allows for the automated verification of the mathematical correctness of the answers. To build the interface of the test generation system, the Streamlit framework was used, which provides interactive interaction and ease of deployment. The proposed system provides for integration with popular educational platforms, in particular Moodle, and supports the export of generated tasks to the appropriate import formats.

An experimental verification of the system's functional capabilities in the educational process was carried out, which showed an increase in the efficiency of assessment, a reduction in the time for preparing tasks, and a decrease in the workload of teachers. The system is of particular value in the conditions of distance and blended learning, where the automation of assessment processes is critically important for ensuring the quality of education.

Key words: intelligent systems, test generation, higher mathematics, language models, Streamlit, Moodle, Bloom's taxonomy.

Вступ

Сучасні підходи до оцінювання знань студентів потребують не лише формального контролю, а й гнучких інструментів, здатних адаптуватися до змісту дисципліни, рівня підготовки здобувачів і цілей навчання. Особливо це стосується дисциплін математичного спрямування, де тестові завдання мають специфічну структуру: містять формули, графіки, аналітичні викладки та відкриті відповіді. Ручне створення таких завдань – складний і трудомісткий процес, що вимагає високої кваліфікації викладача, часу на підготовку й перевірку, а також знання технічних засобів подання математичних формул.

Застосування інтелектуальних технологій дає змогу автоматизувати рутинні етапи цього процесу, надаючи викладачеві інструменти для генерації, редагування й перевірки тестів у напівавтоматичному режимі. Особливої актуальності така автоматизація набуває в умовах дистанційного або змішаного навчання, де освітні платформи типу Moodle, Google Classroom або Canvas використовуються як основне середовище взаємодії з аудиторією.

У статті описано розроблення й дослідження системи, що поєднує можливості великих мовних моделей, інтерфейсних бібліотек на зразок Streamlit, обчислювальних інструментів для роботи з математичними виразами, а також підтримку різних форматів інтеграції з навчальними платформами. Система дає змогу не лише генерувати тестові завдання відповідно до рівнів таксономії Блума, а й формувати завдання з математичним змістом, здійснювати валідацію відповідей та експортувати завдання в придатному форматі для LMS.

Виконання досліджень

Інтелектуальна система підтримки викладача під час формування тестів з математичним складником побудована за модульною архітектурою, що забезпечує гнучкість, масштабованість і можливість інтеграції з різними освітніми платформами.

Основні компоненти такі:

1. Модуль генерації запитань.
 - Формує тестові завдання на основі заданої теми, дисципліни та рівня складності.
 - Підтримує шаблони відповідно до таксономії Блума.
 - Генерує як текстові, так і формульні завдання для курсів з вищої математики, теорії ймовірності, інформаційних технологій, інтелектуального аналізу даних тощо.
2. Мовна модель (LLM) + LangChain.
 - Забезпечує генерацію природномовних інструкцій, питань і відповідей.
 - Використовує механізми семантичної фільтрації та перевірки відповідей.
3. Математичний модуль.
 - Виконує генерацію формул, їх відображення у форматі LaTeX.
 - Застосовує бібліотеку SymPy для спрощення виразів і перевірки еквівалентності (наприклад, $x^2 + x$ і $x(x+1)$).
4. Інтерфейс користувача.
 - Реалізований на основі Streamlit.
 - Дає викладачеві змогу задавати параметри генерації, переглядати, редагувати й експортувати завдання.
 - Підтримує візуалізацію формул, табличну організацію та фільтрацію запитань.
5. Сервіс експорту в LMS.
 - Генерує файли у форматах XML (Moodle), PDF, Word.
 - Дає змогу групувати завдання за рівнем складності, темою чи типом запитання.

Таксономія освітніх цілей Бенджаміна Блума широко використовується для класифікації рівнів пізнавальної активності студентів. У контексті генерації тестів вона дає можливість розподілити

завдання за складністю й визначити мету кожного запитання: від простого відтворення факту до оцінювання або синтезу нової інформації.

У системі реалізовано розмежування завдань на шість рівнів:

1. Запам'ятовування: відтворення визначень, формул, властивостей (наприклад, означення похідної або правила добутку).
2. Розуміння: інтерпретація графіків, словесний опис математичних явищ.
3. Застосування: обчислення значень за формулою, підстановка чисел, вирішення типових задач.
4. Аналіз: порівняння розв'язків, виявлення помилок, розклад виразів на множники.
5. Оцінювання: перевірка правильності логіки міркувань, аргументація вибору методу.
6. Створення: побудова математичних моделей, самостійне формулювання умов задач.

Взаємодіючи із сучасними генеративними мовними моделями, система може генерувати запитання із заданим рівнем складності. Наприклад:

– Для курсу з теорії ймовірності: «Розрахуйте ймовірність того, що при киданні трьох гральних кубиків сума буде кратною трьом».

– Для модуля з нейромереж: «Поясніть, чому функція активації ReLU не використовується в останньому шарі мережі класифікації».

– Для розділу з вищої математики, у якому студенти вивчають аналітичну геометрію: «Побудуйте множину точок на площині, що задовольняють задану систему нерівностей з двома змінними».

У модулі генерації реалізовано механізм обробки інструкцій, що поєднує шаблон, ключові параметри, предметну ділянку й рівень Блума. На основі цього формується текст запитання, додаються математичні вирази, здійснюється перевірка синтаксичної коректності. Результати валідації проходять через фільтр, і лише узгоджені з критеріями запитання потрапляють у фінальний набір.

Генерація тестових запитань у системі відбувається у два основні етапи: семантичне конструювання запиту й синтаксична обробка результату. На першому етапі користувач (викладач) обирає предмет (наприклад, теорія ймовірностей, аналітична геометрія, основи нейромереж), указує бажаний рівень Блума й задає кількість завдань. Система за допомогою мовної моделі формує контекстно релевантні запити до шаблонного генератора. Далі згенеровані запитання проходять етап математичної обробки. Наприклад, числа у виразі

«Обчисліть значення виразу $a^2 + b^2$

при $a = 3$, $b = 4$ »

автоматично заповнюються з використанням генератора цілих значень у допустимому діапазоні. Така модель є гнучкою для всіх рівнів складності: від простих обчислень до складніших задач на аналіз або моделювання.

Система підтримує різні типи запитань:

- з однією або декількома правильними відповідями,
- з відкритою відповіддю,
- на пошук відповідності,
- заповненням пропусків,
- комбіновані.

У завданнях з відкритими відповідями здійснюється перевірка на математичну еквівалентність: два вирази $x^2 + 2x + 1$ і $(x+1)^2$ розпізнаються як тотожні. Це особливо актуально під час створення тестів з вищої математики або теорії ймовірності, де студент може ввести відповідь у різному вигляді. Якщо студент уводить аналітичний вираз, система спрощує обидва вирази (правильний і наданий студентом) за допомогою бібліотеки SymPy й порівнює їх у канонічній формі.

Для генерації запитань зі сфери інтелектуального аналізу даних або нейромереж передбачено вектор термінів, пов'язаних із відповідною дисципліною, що підвантажується з попередньо складених списків понять і тем. Наприклад, завдання з теми «Перцептрон» може автоматично генеруватися з варіаціями запитання про функцію активації або геометричну інтерпретацію межі класифікації.

Формування тестових завдань з математичним змістом супроводжується низкою технічних і методичних труднощів, пов'язаних із точністю запису, візуалізацією формул, підтримкою синтаксису й обробкою введених студентом відповідей. У системі реалізовано комплексний підхід до формулювання, збереження та перевірки таких завдань.

Однією з ключових проблем є представлення формул у форматі, придатному для онлайн-перегляду й редагування. Для цього використовується формат LaTeX, що є де-факто стандартом у системах Moodle, Open edX та інших LMS. Для їх візуалізації застосовуються бібліотеки MathJax або KaTeX, які сумісні з більшістю браузерів і мобільних пристроїв.

Наприклад, завдання типу:

«Обчисліть похідну функції $f(x) = \sqrt{x^2 + 1}$ »

записується як рядок LaTeX і передається у візуальний редактор. У системі забезпечено автоматичну генерацію таких формул із параметризованими змінними й додатковими стилістичними обмеженнями (наприклад, уникати дробів або логарифмів для початкового рівня складності).

Бібліотека Streamlit є сучасним інструментом для створення інтерактивних вебінтерфейсів до Python-додатків. Вона розроблена спеціально для задач аналітики, візуалізації та машинного навчання й дає змогу будувати повноцінні фронтенд-рішення з мінімальними зусиллями з боку розробника.

У контексті реалізації інтелектуальної системи формування тестів для математичних дисциплін Streamlit забезпечує низку ключових переваг:

1. Миттєвий запуск без вебпрограмування. Усі елементи інтерфейсу (кнопки, списки, слайдери, текстові поля) створюються безпосередньо у Python-коді.

2. Підтримка математичного формату. Streamlit нативно підтримує Markdown та LaTeX, що дає змогу легко рендерити формули, наприклад:

```
st.latex(r"f(x) = \int_0^1 x^2 dx")
```

3. Інтерактивність. Можна легко реалізувати логіку залежності між елементами форми: наприклад, при виборі рівня Блума змінюється перелік доступних шаблонів.

4. Збереження стану. Через `st.session_state` підтримується передача змін між запусками функцій, що дає змогу керувати кількома кроками генерації (вибір параметрів → генерація → редагування → експорт).

5. Візуалізація. Інтерфейс може містити графіки, таблиці з даними, індикатори складності завдань тощо – усе це використовується для зворотного зв'язку з викладачем.

6. Підключення до зовнішніх джерел. Streamlit дає змогу підключатися до баз даних, API сервісів Moodle, Google Sheets або LMS через бібліотеки `requests`, `sqlalchemy` тощо.

7. Інтеграція з машинним навчанням. Якщо генерація тестів включає LLM або моделі класифікації, результат їхньої роботи може миттєво відображатися у вебінтерфейсі.

Streamlit забезпечує достатній рівень безпеки й може розгортатися як на локальному сервері, так і в хмарі (наприклад, Streamlit Cloud, Heroku, Google Cloud). Серед недоліків варто відзначити обмежену кастомізацію інтерфейсу порівняно з React/Angular, проте для завдань академічного тестування це не є критичним.

Вибір Streamlit як платформи для побудови інтерфейсу зумовлений його швидкістю розробки, простотою інтеграції з Python-бібліотеками та фокусом на потреби користувачів без досвіду програмування.

Висновок

У статті розглянуто концепцію та реалізацію інтелектуальної системи підтримки викладача під час формування тестових завдань з математичним змістом. Показано, що поєднання сучасних мовних моделей, бібліотек генерації математичних виразів і систем керування навчанням (LMS) відкриває нові можливості для автоматизації освітнього процесу. Такий підхід не лише зменшує навантаження на викладача, а й підвищує якість оцінювання завдяки адаптації до рівня знань студента, підтримці різних типів завдань і формулювань у таких галузях, як вища математика, теорія ймовірності, інтелектуальний аналіз даних і нейромережі.

Запропонована система має модульну архітектуру, що дає змогу гнучко налаштовувати процес генерації завдань для різних дисциплін, автоматизовано перевіряти математичну еквівалентність відповідей, інтегрувати систему з платформами Moodle, Google Classroom і зберігати індивідуальні траєкторії навчання.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на реалізацію зворотного зв'язку з LMS, інтеграцію із системами оцінювання на основі IRT, а також на забезпечення підтримки математичних задач у середовищах доповненої або віртуальної реальності.

Таким чином, запропоноване рішення є перспективним кроком у напрямі створення адаптивних, інклюзивних і масштабованих освітніх технологій для математичних дисциплін.

Література

1. Використання відкритого освітнього середовища з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку вчителів: метод. рекомендації / О. О. Гриб'юк та ін. ; за ред. М. П. Шишкіної. Київ : ІЦО НАПН України, 2024. 118 с.
2. Гриценчук О. Використання штучного інтелекту в освіті: тенденції та перспективи в Україні та за кордоном. *Вісник кафедри ЮНЕСКО «Неперервна професійна освіта XXI століття»*. 2024. Вип. 10. С. 152–161.
3. Створення інформаційно-освітнього середовища сучасного закладу освіти України : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 15 березня 2019 р.) / за заг. ред. Г. А. Коломoeць, О. М. Мельник, С. М. Грицай, А. В. Вознюк. Суми : НВВ КЗ СОІППО, 2019. 124 с.
4. Lord F. M. Applications of Item Response Theory to Practical Testing Problems. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 1980. 288 с.
5. Мар'єнко М. В. Моделювання хмаро орієнтованої методичної системи підготовки вчителів природничо-математичних предметів до роботи в науковому ліцеї. *Фізико-математична освіта*. 2020. № 2(24). С. 87–93.
6. Хмаро орієнтовані системи відкритої науки у навчанні і професійному розвитку вчителів : монографія / М. П. Шишкіна, С. Г. Литвинова, М. В. Мар'єнко та ін. ; за наук. ред. М. П. Шишкіної. Київ : ІЦО НАПН України, 2023. 176 с.
7. MathJax documentation. URL: <https://docs.mathjax.org>.
8. System architecture: MoodleDocs. URL: <https://docs.moodle.org/dev>.

References

1. Hrybiuk, O. O. (2024). Vykorystannia vidkrytoho osvitnoho seredovyscha z elementamy shtuchnoho intelektu dlia profesiinoho rozvytku vchyteliv: Metodychni rekomendatsii [Using an open educational environment with elements of artificial intelligence for teachers' professional development: Methodical recommendations] (M. P. Shyshkina, Ed.). Kyiv: ITsO NAPN Ukrainy [in Ukrainian].
2. Hrytsenchuk, O. (2024). Vykorystannia shtuchnoho intelektu v osviti: Tendentsii ta perspektyvy v Ukraini ta za kordonom [The use of artificial intelligence in education: Trends and prospects in Ukraine and abroad]. Visnyk kafedry UNESCO «Neperervna profesiina osvita XXI stolittya» [Bulletin of the UNESCO Department "Lifelong Professional Education of the 21st Century"], 10, 152–161 [in Ukrainian].
3. Kolomoiets, H. A., Melnyk, O. M., Hrytsai, S. M., & Vozniuk, A. V. (Eds.). (2019). Stvorennia informatsiino osvitnoho seredovyscha suchasnoho zakladu osvity Ukrainy: Materialy Vseukrainskoi naukovo praktychnoi konferentsii (m. Kyiv, 15 bereznia 2019 r.) [Creating an information educational environment of a modern educational institution of Ukraine: Proceedings of the All Ukrainian scientific and practical conference (Kyiv, 15 March 2019)]. Sumy: NVV KZ SOIPPO [in Ukrainian].
4. Lord, F. M. (1980). Applications of item response theory to practical testing problems. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates [in English].
5. Marienko, M. V. (2020). Modeliuvannia khmaro oriietovanoi metodychnoi systemy pidhotovky vchyteliv pryrodnycho matematykh nykh predmetiv do roboty v naukovomu litsei [Modeling a cloud oriented methodological system for training teachers of natural and mathematical subjects to work in a scientific lyceum]. Fiziko matematychna osvita [Physics & Mathematics Education], 2(24), 87–93 [in Ukrainian].
6. Shyshkina, M. P., Lytvynova, S. H., Marienko, M. V., Nosenko, Yu. H., Kovalenko, V. V., Luparenko, L. A., & Sukhikh, A. S. (2023). Khmaro oriietovani systemy vidkrytoi nauky u navchanni i profesiinomu rozvytku vchyteliv: Monohrafiia [Cloud oriented open science systems in teacher education and professional development: Monograph]. Kyiv: ITsO NAPN Ukrainy [in Ukrainian].
7. The MathJax Consortium. (n.d.). MathJax documentation. From: <https://docs.mathjax.org> [in English].
8. MoodleDocs. (n.d.). System architecture. From: <https://docs.moodle.org/dev> [in English].

Дата першого надходження рукопису до видання: 16.05.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 12.06.2025
Дата публікації: 25.07.2025