УДК 37.091.26:004.9

Наталія Круглова
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-9143-9398
natahak@ukr.net

Олександр Диховичний
доцент, кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0001-8505-2878
a.dyx@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ ІКТ У СТВОРЕННІ ПРОГРАМ-ШАБЛОНІВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ

Анотація. У роботі досліджується використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для автоматизованої генерації тестових завдань з вищої математики. Детально розглядається створення так званих програм-шаблонів у системах Wolfram Mathematica, GeoGebra, R та Excel, що дозволяють генерувати велику кількість нових, адаптованих до рівня підготовки студентів завдань із заданими параметрами складності, диференціюючої здатності та відповідями у зручному форматі.

Досліджуються методи розробки та впровадження таких програм-шаблонів. Описуються алгоритми, що використовуються для автоматичної генерації завдань, а також застосування згенерованих завдань у контролюючих заходах, які проводяться на платформі MOODLE. Розглядаються переваги використання автоматизованих систем тестування: об'єктивність оцінювання, зменшення часу на створення і перевірку завдань. Досліджується вплив застосування сучасних інформаційних технологій на розвиток цифрової грамотності, компетентності використання програмних засобів та здатності до інтеграції сучасних технологій у навчальний процес, а також розвитку навичок критичного мислення та аналізу у викладачів.

У статті також наводяться приклади успішного впровадження програм-шаблонів, створених за допомогою Wolfram Language, GeoGebra, R, Excel, у навчальний процес і результати їх використання, які демонструють значне покращення успішності студентів та їхньої мотивації до вивчення вищої математики. Наведено приклади шаблонів та завдань, які згенеровані за допомогою таких програм. Досліджено, які програмні засоби кращі для створення тестових завдань з окремих розділів математики.

Значну увагу приділено проблемі академічної доброчесності: автори пропонують стратегії боротьби зі списуванням шляхом варіативності завдань та використання форматів «вбудовані відповіді».

Емпіричні результати показують, що використання програм-шаблонів дозволяє суттєво зменшити кількість помилок у завданнях, скоротити час на їх розробку та покращити навчальні результати студентів.

Робиться висновок про необхідність подальшого розвитку та вдосконалення ІКТ у сфері освіти, а також активного впровадження інноваційних технологій у навчальні програми з метою підвищення якості освіти.

Ключові слова: Wolfram; Geogebra; Moodle; комп'ютерне тестування; шаблон; тестові завдання.

1. ВСТУП

Пандемія пришвидшила процес діджиталізації у світі. Навчальні заклади з успіхом подолали всі виклики стрімкого переходу до дистанційної освіти, створивши велику

© Наталія Круглова, Олександр Диховичний, 2025.

кількість якісних цифрових продуктів для навчання та роботи. І в той час, коли весь світ повернувся до звичного життя та навчання, українська освіта переживає нову кризу, викликану війною та постійними блекаутами.

Сучасний стан освітнього середовища викликає потребу у створенні комп'ютерних тестових форм контролю. Але водночас розвиток інформаційних технологій є також черговим викликом для викладачів, оскільки студенти активно використовують онлайн-ресурси для знаходження готових розв'язків завдань. Шляхи подолання цієї проблеми наведено в [1]. Одним з них є генерування великої кількості варіантів однотипних завдань та застосування завдань типу «вбудовані відповіді», які унеможливлюють застосування безпосередньо онлайн-сервісів. Важливість якісного і об'єктивного оцінювання створює передумови для впровадження інноваційних технологічних рішень у педагогічну практику. Створення великої кількості однорідних завдань зі зрозумілими студентам «гарними» відповідями потребує розробки спеціальних програм. Назвімо ці програми – **шаблонами,** за їх допомогою генерують тестові завдання та відповіді до них, а в питаннях типу «вбудовані відповіді» – проміжні етапи розв'язку.

Для розробки шаблонів можна використовувати розповсюджені комп'ютерні системи Wolfram Mathematica 14.0, R, Excel та GeoGebra. Звичайно, що автоматизоване створення великої кількості нових тестових завдань є досить складним, навіть «гарні» відповіді не гарантують якість тесту, тому потрібен детальний аналіз створених завдань. Така діяльність для викладача є новою і трудомісткою. Вона вимагає від нього умінь:

- правильно формулювати тестове завдання;
- формалізувати його розв'язання у вигляді алгоритму;
- створювати відповідний шаблон;
- згенерувати за його допомогою відповідні тестові завдання;
- перевірити відповіді за допомогою відповідних сервісів;
- проаналізувати якість створених завдань.

Зауважимо, що складання таких завдань суттєво підвищує компетентність викладача щодо створення тестів з вищої математики [2].

Але традиційні методи створення та перевірки тестових завдань вимагають значних часових витрат від викладачів, що може негативно впливати на якість освітнього процесу. Крім того, ручне створення завдань часто призводить до неоднорідності рівня складності та обмеженості варіативності тестових питань. У цьому контексті використання сучасних технологій для автоматизації процесу генерації тестових завдань стає необхідним кроком для підвищення ефективності викладання вищої математики.

До того ж, під час проведення в онлайн-режимі лекцій або практичних занять ілюстративний матеріал доречно динамічно оновлювати, що також неможливо без відповідних комп'ютерних інструментаріїв, тих самих програм-шаблонів.

Названі фактори призводять до необхідності створення та дослідження відповідної технології генерування якісних тестових завдань у великих кількостях у стислі терміни.

Постановка проблеми. Проблемою дослідження є необхідність розробки й впровадження технології створення спеціалізованих програм-шаблонів у доступних програмних системах з метою генерації великої кількості валідних тестових завдань різних форм для забезпечення дистанційного контролю знань з усіх розділів вищої математики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дистанційна освіта надає багато можливостей своєю доступністю, незалежністю від місця проживання, проте для викладачів вона створює нові виклики, пов'язані з оцінюванням знань студентів. Широке використання засобів на основі штучного інтелекту вимагає вирішення питання доброчесності студентів, яке досліджено в [3]. Автори наголошують, що важливо

зберегти баланс між використанням ШІ та розвитком власних компетенцій студентів, для цього педагогам потрібно оновлювати педагогічні підходи та впроваджувати нові методики оцінювання знань.

Nikolic S. та інші в роботі [4] провели порівняльний аналіз різних інструментаріїв GenAI (моделей ШІ) (ChatGPT-3.5, ChatGPT-4, Copilot, Gemini) та довели, що ці інструментарії здатні успішно виконувати різні види завдань: онлайн-тести, числові завдання та письмові роботи. Рекомендовано впровадження комплексних заходів безпеки оцінювання, оскільки останні моделі ШІ виконують позитивно всі види оцінювальних робіт.

Також у роботі Паккі М.С. [5] основну увагу приділено проблемі онлайн-оцінювання студентів та наведено ефективні методи боротьби зі списуванням.

Чи не найбільшою проблемою української освіти є те, що освітній процес відбувається в умовах війни. У [6] авторами Розуменко А. та Удовиченко О. наголошено, що специфікою проведення занять під час війни є дискретність учбового процесу, що пов'язана з вимушеними перериваннями практик чи лекцій під час повітряної тривоги та обмеженим доступом до тестів під час блекаутів. Тому завдання потрібно давати дозовано та з відносно невеликим об'ємом теоретичного матеріалу.

В [7] Gierl M. та Lai H. наголошують на важливості інноваційних підходів до дизайну тестів, що вимагають великої кількості різноманітних та високоякісних тестових завдань. Традиційний підхід до розробки тестових завдань, коли кожне завдання створюється індивідуально експертами-предметниками, є трудомістким та дорогим. Автори пропонують автоматичну генерацію тестових завдань як перспективний метод, який може допомогти вирішити проблему нестачі тестових завдань. Цей метод поєднує когнітивне моделювання та психометричні практики для створення великої кількості тестових завдань за допомогою комп'ютерних технологій. Для забезпечення якості згенерованих тестових завдань автори пропонують двоетапний процес їх перевірки та оцінювання: a) внутрішній перегляд експертами-предметниками, які оцінюють зміст та логіку в когнітивних та тестових моделях, що використовуються для генерації завдань. Це дозволяє оцінити якість згенерованих завдань, не переглядаючи кожне з них окремо; b) зовнішній перегляд незалежними експертами-предметниками, які оцінюють якість когнітивних та тестових моделей за стандартизованою рейтинговою шкалою.

Автори Bodnenko D. та інші в [8] описали суть методу шаблонів та його переваги: варіативність змісту завдань відповідно до рівня підготовки студентів; покращення якості контролю знань через унікальність завдань; мінімізація часу викладачів на створення методичних матеріалів. У результаті було відмічено суттєве зменшення кількості помилок при створенні завдань (з 15-17% до 3-7%), підвищено ефективність самостійної роботи студентів, покращено візуальне сприйняття навчального матеріалу, оптимізовано час викладачів та студентів.

Вибору оптимального онлайн-інструменту для створення математичних тестів шляхом експертної оцінки присвячена стаття [9].

У роботі [10] Dahal N. та інші показали, що дистанційне викладання математики потребує специфічних інструментаріїв для візуалізації, маніпуляції математичними концепціями, створення інтерактивних завдань та оцінювання. Інструментарії ІКТ, зокрема GeoGebra, мають значний потенціал у вдосконаленні дистанційного викладання математики. Викладачі повинні адаптувати свої методи та активно впроваджувати ІКТ для підвищення залучення учнів і ефективності навчання.

У роботі [11] пропонується основа для аналізу когнітивних вимог до математичних завдань при використанні комп'ютерних інструментів, таких як GeoGebra. Належне узгодження технічних і когнітивних вимог має вирішальне значення для ефективного використання освітніх технологій. А в статті [12] аналізуються фактори, що впливають

на наміри майбутніх учителів математики постійно використовувати GeoGebra. Ця стаття підкреслює важливість розвитку технологічних компетенцій для вдосконалення викладання математики та інтеграції інноваційних технологій у навчальний процес.

Ziatdinov R. та інші в статті [13] продемонстрували значний потенціал GeoGebra для вдосконалення викладання та навчання в STEM-дисциплінах, підкреслили її важливість у сучасній освіті, оскільки GeoGebra – це динамічне програмне забезпечення для геометрії, алгебри, статистики та обчислення, яке підтримує інтерактивне навчання, забезпечує гнучкість у створенні моделей, візуалізації даних і реалізації програмування, що дозволяє ефективно викладати абстрактні математичні концепти, покращує цифрові навички викладачів та розвиває інноваційні підходи до викладання, підвищує рівень автономії студентів у навчанні. Завдяки доступності та зручності використання GeoGebra посилює зацікавленість студентів, розвиває їхні аналітичні й математичні навички.

Chytas C. у роботі [14] рекомендує використовувати GeoGebra як інструментарій для розробки та впровадження навчальних завдань. Це розвиває навички абстрагування, алгоритмічного мислення, розпізнавання патернів, формулювання проблем та їх розв’язання за допомогою алгоритмів.

Не менш важливим при формуванні окремих типів тестових питань (наприклад, множинного вибору) є генерація варіантів відповідей. У роботі [7] відмічено, що при формуванні варіантів відповідей важливе значення має створення якісних дистракторів, які максимально правдоподібні і базуються на типових помилках студентів. У роботі [15] представлено новий підхід з використанням мереж GRU (Gated Recurrent Unit) для автоматичного створення якісних дистракторів для тестових завдань з множинним вибором.

Питанню створенню якісних дистракторів також присвячена робота [16], у якій вказано, що генерація якісних дистракторів потребує значних зусиль і знань про можливі помилки учнів. Автори використовують великі мовні моделі для генерації дистракторів і зворотного зв'язку та алгоритму kNN (k-найближчих сусідів) для вибору прикладів, схожих за змістом. Автоматична генерація дистракторів і зворотного зв'язку має великий потенціал для масштабування оцінювання учнів.

Conceição A. та іншими в статті [17] показана ефективність використання інтерактивних інструментів, створених за допомогою програмного забезпечення Wolfram Mathematica, для активного навчання студентів. Відмічено, що використання сучасних цифрових технологій сприяє візуалізації абстрактних математичних концептів, полегшуючи їх розуміння, та мотивує студентів до навчання. Динамічні та інтерактивні інструментарії є цінним ресурсом для розвитку математичних навичок і активізації навчального процесу. Вони забезпечують можливості для індивідуального підходу, сприяють підвищенню залученню та підтримують сучасні освітні методології.

У [18] Chen Z. досліджує метод оцінювання, що базується на великих відкритих ізоморфних банках завдань. Ізоморфні завдання створюються шляхом систематичної зміни характеристик шаблону, що можна ефективно зробити за допомогою GPT-3 для написання тексту завдання та використання WolframAlpha для генерації розв’язку. Ця схема оцінювання має три основні потенційні переваги. По-перше, вона значно зменшить використання таких сайтів, як Chegg. По-друге, викладачі можуть відкрито обмінюватися банками завдань, що призведе до зниження витрат на їхнє створення, підвищення якості та порівняння отриманих результатів. Нарешті, оцінювання можуть проводитися асинхронно, частіше і з дозволом на кілька спроб.

Метою дослідження є розроблення й аналіз технології застосування ІКТ у створенні спеціалізованих програм-шаблонів, які дозволяють генерувати варіанти завдань з вищої математики та розв’язки до цих завдань з використанням сервісів

Wolfram Mathematica 14.0, GeoGebra, R, Excel, і побудова за допомогою цих програм репрезентативної бази валідних завдань.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Основним результатом дослідження є технологія створення тестів на основі програм-шаблонів. Технологію будуємо на таких принципах:

- Програми мають генерувати варіативні, проте концептуально споріднені варіанти тестових завдань з метою запобігання їх одноманітності.
- Генерація повинна мати випадкові параметри в межах певних правил, щоб уникнути тривіальних або некоректних прикладів.
- За допомогою тих самих програм треба автоматично перевіряти створені завдання на коректність (наприклад, чи існує розв'язок, чи не є умова суперечливою).
- Має бути можливість перевірити правильність відповіді за допомогою відповідних програм.
- Викладач повинен мати змогу налаштовувати рівень складності завдань (наприклад, від простих алгебраїчних виразів до складних інтегралів чи рівнянь).
- Гнучкість використання різних інструментаріїв для різних типів завдань. Наприклад, Wolfram Mathematica – для складних символічних обчислень та автоматизації розв'язків, GeoGebra – для створення графічних і геометричних завдань, R – для статистичних та ймовірнісних завдань. Excel – для створення масових варіантів завдань і швидкого експорту даних.
- Уникнення повторів у генерації завдань шляхом перевірки унікальності сформованих варіантів.

Технологію створення тестів умовно можна розбити на декілька етапів. Безумовно, цифрові технології потрібно використовувати на всіх етапах педагогічного дослідження, включно з: підготовчим етапом, вибором інструментарію для створення шаблонів, створенням тестових завдань, застосуванням шаблонів як методичного матеріалу на практичних заняттях, розвитком професійних компетенцій викладачів, оцінкою ефективності технології запровадження шаблонів у процес створення завдань.

1) Підготовчий етап

Для того, щоб ефективно боротися з академічною недоброчесністю студентів, потрібно постійно замінювати завдання, що були вже запропоновані, та створювати велику кількість варіантів умовно схожих завдань. Створені варіанти завдань повинні мати однакову складність, але мають бути сформульовані так, щоб уникнути списування. Також потрібно змінювати дистрактори у питаннях множинного вибору. Ця процедура є витратною операцією, що часто призводить до технічних помилок у завданнях. На цьому етапі особливо необхідні шаблони для завдань, що будуть тиражуватися.

У рамках створення дистанційних курсів з математичних дисциплін в «КПІ ім. Ігоря Сікорського» авторами було розроблено ефективну процедуру генерації банку завдань для контролю знань студентів. Експертами-предметниками, які розробляли пакети завдань для кожного кредитного модуля дисциплін «Математичний аналіз», «Лінійна алгебра та аналітична геометрія», «Обчислювальна ймовірність та статистика», було визначено основні типи завдань для різних форм проміжного та семестрового контролю знань студентів (модульні контрольні роботи, домашні контрольні роботи, залікові та екзаменаційні роботи). Після розробки змісту, форми та дизайну завдань

викладачі з кращою цифровою компетентністю на основі свого досвіду та навичок обирали програмні продукти для створення програм шаблонів для генерації умов завдань та перевірки розв'язків та відповідей.

2) Вибір інструментаріїв для створення шаблонів

Центральним питанням дослідження є створення шаблонів та тиражування завдань. В залежності від математичної дисципліни постає питання вибору сервісу для створення шаблону. Важливо, що створення шаблону завдання зі змінними вхідними параметрами, дозволяє ефективно тиражувати варіанти і добирати параметри так, щоб завдання відповідало сформульованому предметному питанню, відповіді були в цілих або «гарних» числах або в зручному та зрозумілому для сприйняття студентами форматі. З цієї точки зору перевагою Wolfram Mathematica, у порівнянні з іншими програми, є те, що відповіді можуть надаватись у символьному вигляді, включно з параметрами, значення яких можна варіювати для досягнення потрібної форми відповіді (ціле, раціональне число тощо). Подібну властивість має GeoGebra, хоча і не настільки загальну, якщо у розв'язок додати елемент «повзунок». Програмні системи R та Excel у цьому програють, оскільки працюють з числовими значеннями. Але у випадку використання R можна створювати для кожної задачі окремі функції, а підбір параметрів, що надають потрібну відповідь, здійснювати у циклі. R виконує обчислення надзвичайно швидко, тому цей спосіб не має суттєвих часових втрат. В Excel для автоматизації повторюваних завдань існують макроси.

Застосування макросів в Excel, використання систем R, Wolfram потребують від викладача навичок програмування. Сервіс GeoGebra значно виграє у своїй простоті та доступності інтерфейсу. Якщо банк завдань створює велика група експертів, то краще обирати GeoGebra або Wolfram Mathematica, оскільки в режимі реального часу доступ до перегляду та редагування шаблону можуть мати всі учасники групи. Це значно зменшує час перевірки та доопрацювання окремих завдань.

Розглянемо вибір програмних продуктів для деяких тем, описаних вище математичних дисциплін.

Для теми «Матриці та визначники» краще використовувати Wolfram Mathematica та R. Для задач з аналітичної геометрії на площині використовується GeoGebra або Wolfram Mathematica. Тему «Вектори» найкраще реалізувати в системі GeoGebra, проте числові обчислення можна виконувати в Wolfram Mathematica та R. Для завдань з математичного аналізу найкраще використовувати Wolfram, проте застосування макросів в Excel дозволяє, наприклад, розв'язувати задачі на максимум або мінімум на певній області для функцій багатьох змінних. Для аналізу великих статистичних даних краще застосовувати R. Отже, вибір програми реалізації шаблонів визначається типом завдання та навичками програмування автора тестових завдань.

3) Створення тестових завдань

Наведемо декілька прикладів тестових завдань і шаблонів до них, створених у різних програмних сервісах.

Приклад 1.

Нижче (Рис.1) наведено скріншот завдання на тему «Прямі на площині», реалізованого у системі MOODLE. Оскільки в задачі потрібно надати декілька відповідей, кожна з яких є координатою відповідної точки, то авторами використовувались питання типу «вбудовані відповіді».

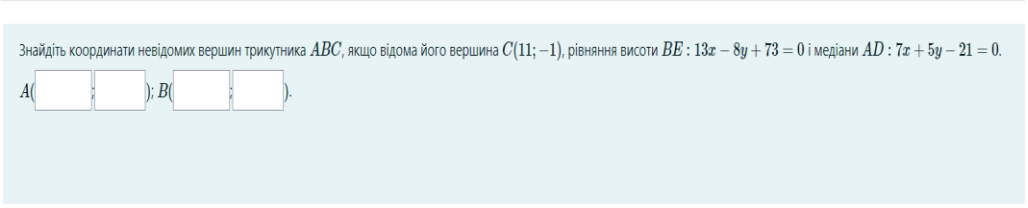


Рис. 1. Завдання у системі Moodle

Відповідний шаблон для розв'язання цієї задачі наведено на Рис. 2. Інструменти GeoGebra, що застосовані в цьому шаблоні, можна переміщати мишкою так, щоб координати точок A і B були цілими числами. У такий спосіб ми будемо отримувати однотипні завдання, які будуть мати різні умови та «гарні» відповіді.

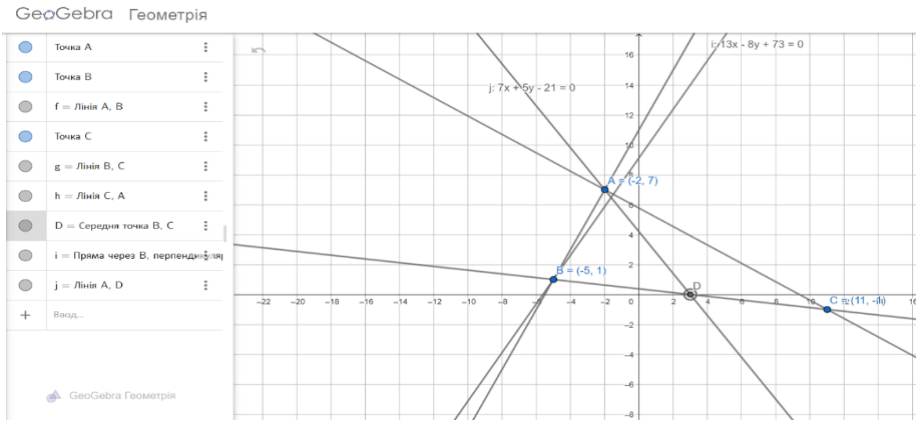


Рис. 2. Шаблон у сервісі GeoGebra

Для завдань з математичного аналізу автори використовували сервіс Wolfram Mathematica (приклади 2, 3, 4).

Приклад 2.

На Рис. 3 наведено скріншот варіанту завдання на тему «Криволінійні інтеграли першого роду», реалізованого в системі MOODLE. Це питання типу «числове».

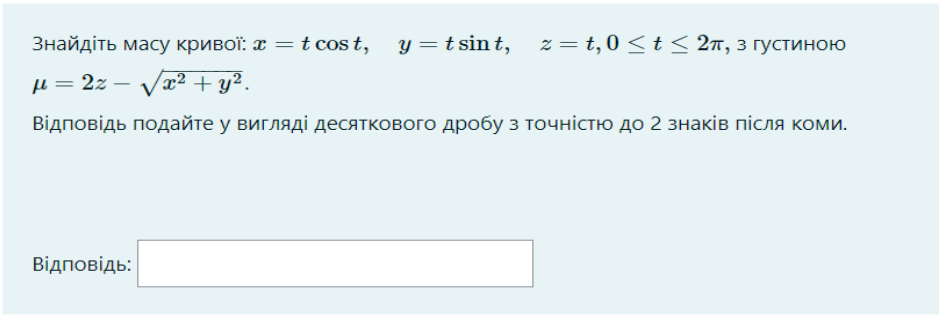


Рис. 3. Завдання у системі MOODLE на тему «Криволінійні інтеграли першого роду»

Відповідний скрипт шаблону наведено нижче (Рис. 4). Можна помітити, що параметричне рівняння кривої містить три параметри. Змінюючи ці параметри, ми можемо отримувати різні варіанти завдання. Оскільки сервіс Wolfram Mathematica надає відповідь із врахуванням параметрів, то можна підбирати їх значення так, щоб відповідь була в цілих числах або, принаймні, не містила ірраціональних чисел.

```
x = a Cos[t]
y = a Sin[t]
z= b t
Integrate[cz -Sqrt[x^2 + y^2] Sqrt[D[x, t]^2 + D[y, t]^2+D[z, t]^2], {t, 0,  Pi}]
```

Рис. 4. Скрипт шаблону для прикладу 2

Приклад 3.

Розглянемо приклад завдання на тему «Дослідження функцій» (Рис. 5). Це питання типу «вбудовані відповіді». Воно дозволяє, виконуючи підзавдання, перевірити проміжні етапи розв'язання задачі.

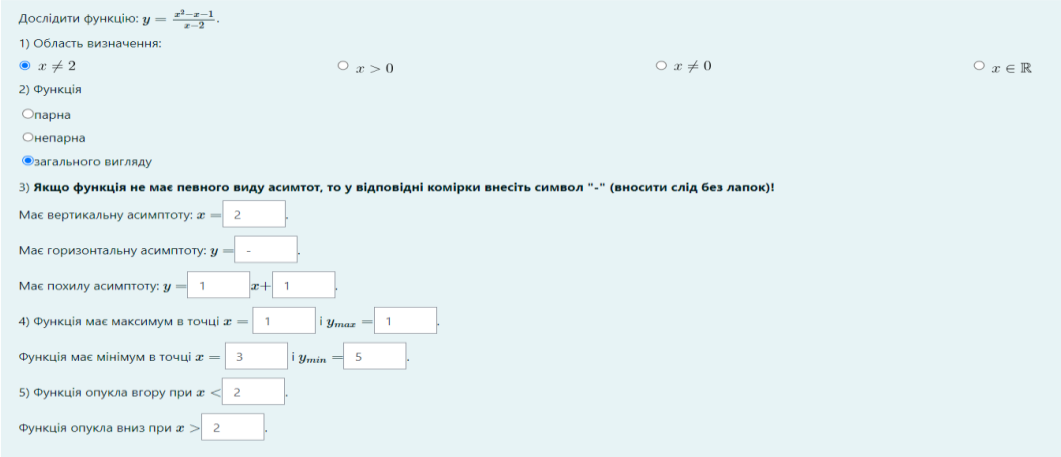


Рис.5. Завдання у системі Moodle на тему «Дослідження функцій»

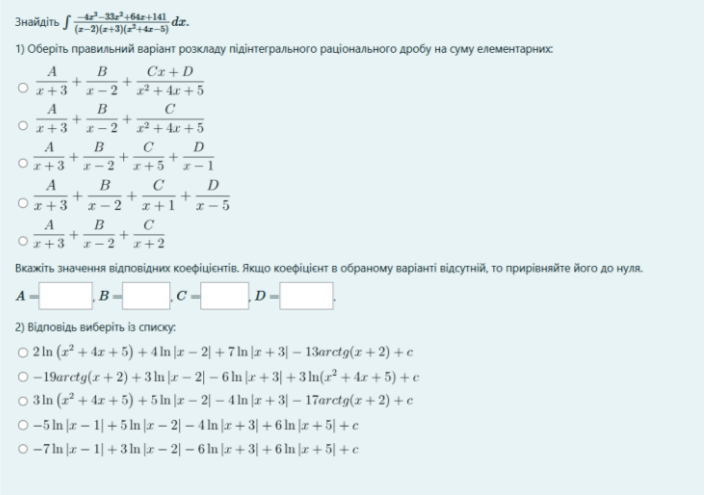
Шаблон для цього завдання реалізовано в системі Wolfram Mathematica (Рис. 6). У цьому скрипті досліджувана функція містить два параметри, які генеруються випадковим способом при кожному запуску коду. Так ми отримуємо велику множину однотипних варіантів з різною умовою. Код містить також функції, що дозволяють розв'язувати проміжні етапи цього завдання.

```
a=RandomInteger[{1,10}];
b=RandomInteger[{-10,10}];
f[x_]=Simplify[Together[a x+RandomInteger[{1,20}]+4 a/(x-b)]]
ResourceFunction["Asymptotes"][f[x],x,y]
ResourceFunction["LocalMaxima"][f[x],x]
ResourceFunction["LocalMinima"][f[x],x]
ResourceFunction["InflectionPoints"][f[x],x]
f''[b-1]>0
f''[b+1]>0
```

Рис. 6. Скрипт шаблону для прикладу 3

Приклад 4.

Розглянемо приклад завдання на тему «Інтегрування раціональних функцій» (Рис. 7). Це завдання типу «вбудовані відповіді», елементами якого є підзавдання «множинний вибір» та «числове».


Знайдіть $\int \frac{-4x^3-33x^2+64x+141}{(x-2)(x+3)(x^2+4x-5)}\,dx$.

1) Оберіть правильний варіант розкладу підінтегрального раціонального дробу на суму елементарних:

- $\frac{A}{x+3}+\frac{B}{x-2}+\frac{Cx+D}{x^2+4x+5}$
- $\frac{A}{x+3}+\frac{B}{x-2}+\frac{C}{x^2+4x+5}$
- $\frac{A}{x+3}+\frac{B}{x-2}+\frac{C}{x+5}+\frac{D}{x-1}$
- $\frac{A}{x+3}+\frac{B}{x-2}+\frac{C}{x+1}+\frac{D}{x-5}$
- $\frac{A}{x+3}+\frac{B}{x-2}+\frac{C}{x+2}$

Вкажіть значення відповідних коефіцієнтів. Якщо коефіцієнт в обраному варіанті відсутній, то прирівняйте його до нуля.

$A=$ [ ], $B=$ [ ], $C=$ [ ], $D=$ [ ].

2) Відповідь виберіть із списку:

- $2\ln(x^2+4x+5)+4\ln|x-2|+7\ln|x+3|-13arctg(x+2)+c$
- $-19arctg(x+2)+3\ln|x-2|-6\ln|x+3|+3\ln(x^2+4x+5)+c$
- $3\ln(x^2+4x+5)+5\ln|x-2|-4\ln|x+3|-17arctg(x+2)+c$
- $-5\ln|x-1|+5\ln|x-2|-4\ln|x+3|+6\ln|x+5|+c$
- $-7\ln|x-1|+3\ln|x-2|-6\ln|x+3|+6\ln|x+5|+c$

Рис.7. Завдання у системі Moodle на тему «Інтегрування раціональних функцій»

Наведемо (Рис. 8) фрагмент шаблону, який генерує підінтегральну функцію та правильний варіант відповіді.

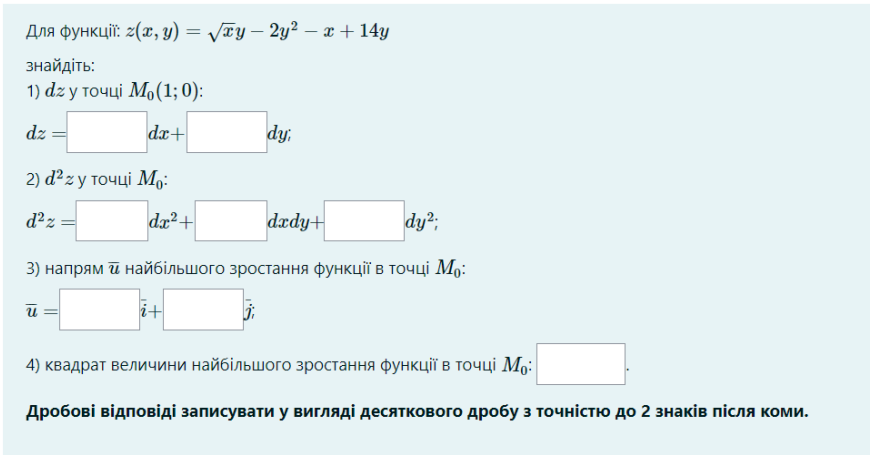
```
a = RandomInteger[{-10, 10}]
b = RandomInteger[{-10, 10}]
c=RandomInteger[{-10, 10}]
d=RandomInteger[{-10, 10}]
e=RandomInteger[{-10, 10}]
Together[e/(x+a)-2e/(x+b)-3e/(x+c)+1/(x+d)]
Integrate[e/(x+a)-2e/(x+b)-3e/(x+c)+1/(x+d),x]
```

Рис. 8. Скрипт шаблону для прикладу 4

Шаблони можна використовувати не лише для генерації умови та розв'язків задачі, але й для перевірки правильності розв'язання. Звичайно, краще, якщо шаблони для генерації та шаблони для перевірки створюють різні спеціалісти, що дозволить зменшити ймовірність технічних помилок.

Приклад 5.

На Рис. 9 наведено завдання за темою «Функції багатьох змінних». Це завдання типу «вбудовані відповіді».


Для функції: $z(x,y)=\sqrt{x}y-2y^2-x+14y$

знайдіть:

1) dz у точці $M_0(1;0)$:

$dz=$ [ ] $dx+$ [ ] dy;

2) d^2z у точці M_0:

$d^2z=$ [ ] dx^2+ [ ] $dxdy+$ [ ] dy^2;

3) напрям $\overline{u}$ найбільшого зростання функції в точці M_0:

$\overline{u}=$ [ ] $\bar{i}+$ [ ] $\bar{j}$;

4) квадрат величини найбільшого зростання функції в точці M_0: [ ].

Дробові відповіді записувати у вигляді десяткового дробу з точністю до 2 знаків після коми.

Рис. 9. Приклад для перевірки правильності завдання з теми «Функції багатьох змінних»

Це завдання можна перевірити за допомогою шаблону в системі Wolfram:

```
Grad[y Sqrt[x]-2 y^2-x+14 y , {x,y}]/.{x -> 1, y ->0}
Norm[%]^2
D[y Sqrt[x]-2 y^2-x+14 y , {x,2}]/.{x -> 1, y ->0}
D[y Sqrt[x]-2 y^2-x+14 y , {x,y}]/.{x -> 1, y ->0}
D[y Sqrt[x]-2 y^2-x+14 y , {y,2}]/.{x -> 1, y ->0}
```

Рис. 9. Скрипт шаблону для прикладу 5

4) Застосування шаблонів як методичного матеріалу на практичних заняттях

Окрім генерування тестових завдань шаблони можуть ефективно використовуватись для створення інтерактивного демонстраційного матеріалу для забезпечення лекцій або практичних занять. Особливо корисним є використання динамічних інструментів та функцій GeoGebra та Wolfram Mathematica для візуалізації математичних понять. При викладанні нового матеріалу викладач може використовувати шаблони для:

- демонстрації впливу зміни вхідних параметрів на хід розв'язання задачі;
- покрокового пояснення алгоритму розв'язання;
- генерування набору подібних прикладів з «гарними» відповідями в якості методичного матеріалу на практичне заняття;
- створення графічних ілюстрацій до задач.

Наприклад, при вивченні теми «Функцій багатьох змінних» можна використовувати динамічні графіки ліній рівня, де студенти бачать зміну форми кривої при зміні параметра (Рис. 10).

Приклад 6.

Побудуємо лінії рівня функції: $z = ln\left(1 - \frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{9}\right)$.

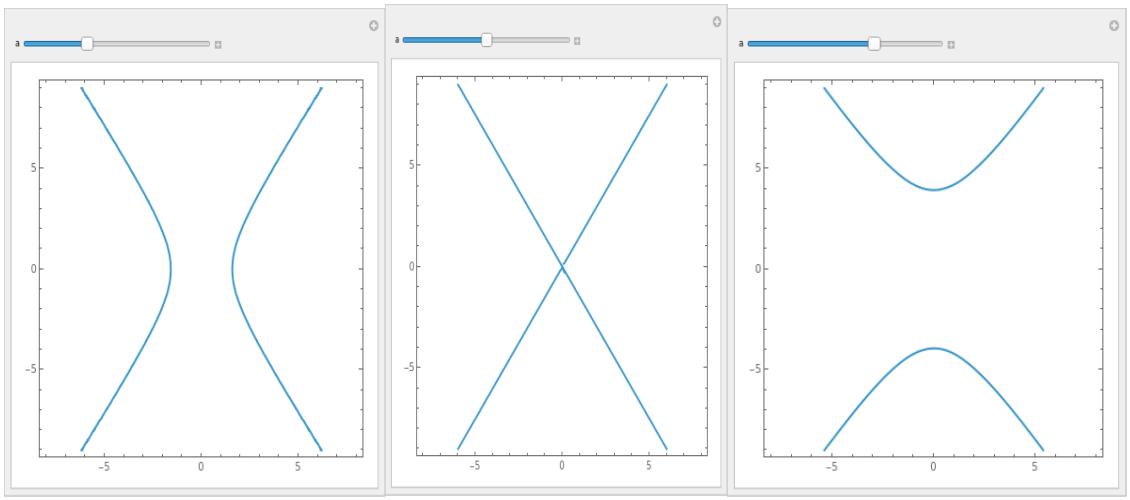


Рис. 10. Графіки ліній рівня функції $z = ln\left(1 - \frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{9}\right)$

На Рис. 10 зображено різні види ліній рівня для функції багатьох змінних. Наведемо шаблон, створений за допомогою функції Manipulate у Wolfram Mathematica. Ця функція дозволяє змінювати значення параметру, що впливає на зміну типу кривої. Користувач у самій функції може задати крок зміни параметру та межі:

```
Manipulate[ContourPlot[Log[1-x^2/4+y^2/9]==a, {x, -8, 8}, {y, -9, 9}],{a,-3,3,1}]
```

Рис. 11. Скрипт шаблону для прикладу 6

На заняттях з математичного аналізу також шаблони можна використовувати для:

- демонстрації геометричного змісту похідної;
- побудов сум Рімана;
- розкладу функції в ряд Фур'є.

Приклад 7.

Наведемо шаблон для розкладу функції в тригонометричний ряд Фур'є. Користувач символічно задає функцію для розкладу та вибирає вид розкладу. На Рис. 13 зображено варіант розкладу за косинусами для функції $y = x^3$. Виводиться графік та 5 членів розкладу.

```
Manipulate[
{Plot[Evaluate[h[f, x, n], {x, -5, 5}]],h[f, x, n]}, {{n, 5,
  "Кількість членів ряду"}, 1, 30,
 1}, {{h, FourierSinSeries,
  "Оберіть варіант розкладу"}, {FourierSinSeries ->
   "Розклад за синусами",
  FourierCosSeries -> "Розклад за косинусами",
  FourierTrigSeries -> "Повний розклад"}}, {{f, x^2 - 1, "Функція"},
 ""}]
```

Рис. 12. Скрипт шаблону для прикладу 7

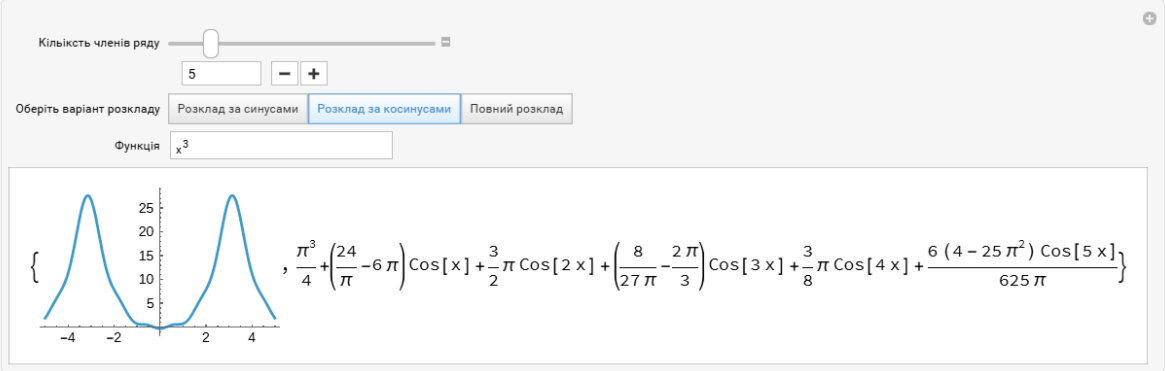


Рис. 13. Розклад функції в ряд Фур'є

У викладанні аналітичної геометрії можна використовувати інструмент «повзунок» у системі GeoGebra для ілюстрації певних властивостей геометричних об'єктів.

Приклад 8.

Наступний приклад показує, як будується парабола на основі її оптичної властивості. Шаблон сформовано у системі GeoGebra.

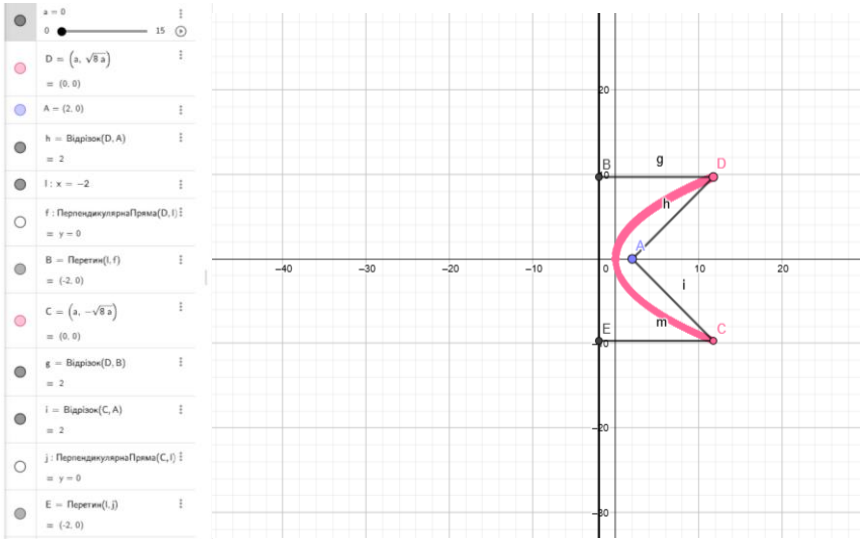


Рис. 14. Скрипт шаблону для прикладу 8

На заняттях з теорії ймовірностей та статистики шаблони допомагають:

- моделювати випадкові експерименти;
- візуалізувати розподіли ймовірностей;
- демонструвати статистичні закономірності.

Приклад 9.

Проведемо експеримент. У квадрат у випадковий спосіб кидаються точки. Ті, що потрапили в середину кола, – синього кольору, а ті, що потрапили в середину квадрата, але не потрапили в коло, – червоного. Порахуємо частоту попадання точок у коло і на основі цього значення порахуємо наближене значення числа π. Користувач може змінювати кількість точок, відповідно відслідковуючи точність наближення відомої константи. На Рис. 15 зображено результат такого експерименту, змодельований за допомогою шаблону, написаного у Wolfram.

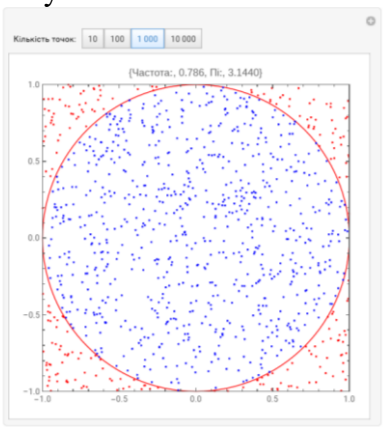


Рис. 15. Ілюстрація до прикладу 9. Сині точки потрапили у коло, червоні-ні

5) Розвиток професійних компетентностей викладачів

Створення та використання шаблонів сприяє розвитку важливих професійних компетентностей викладачів математики, зокрема:

- **Технологічні компетентності.** Опанування сучасних математичних програмних засобів, розвиток навичок програмування та алгоритмічного мислення, здатність створювати інтерактивні освітні ресурси.

- **Методичні компетентності.** Уміння структурувати навчальний матеріал, здатність створювати сукупності взаємопов'язаних завдань різного рівня складності, навички розробки критеріїв оцінювання для автоматизованої перевірки (створення шкал, градація підпитань, вага завдання в контрольній роботі), уміння передбачати типові помилки студентів для створення правдоподібних дистракторів.
- **Предметні компетентності**. Розуміння внутрішніх зв'язків між різними розділами математики, розвиток навичок формалізації математичних задач, удосконалення вмінь розв'язування задач різними способами.
- **Цифрові компетентності.** Навички створення та редагування цифрового контенту, здатність використовувати хмарні технології, розуміння принципів захисту цифрових ресурсів.

Процес створення шаблонів стимулює викладачів до постійного професійного розвитку та самовдосконалення, освоєння нових цифрових інструментів та технологій, співпраці з колегами та обміну досвідом, інноваційної діяльності в освітньому процесі. Дозволяє викладачам краще розуміти абстрактні математичні поняття через візуальну складову.

6) Оцінка ефективності технології запровадження шаблонів у процес створення завдань

Для оцінки ефективності розробленої технології у «КПІ ім. Ігоря Сікорського» протягом 2023-2024 навчального року було проведено опитування та педагогічний експеримент. У дослідженні взяли участь 6 лекторів та 14 практиків кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей та 427 студентів першого курсу технічних спеціальностей (РТФ, ФММ та ФІОТ)

Експеримент передбачав: анкетування викладачів щодо зручності створення та використання шаблонів, аналізу статистики помилок при створенні тестових завдань, порівняння часових витрат на створення банку завдань; опитування студентів щодо якості згенерованих завдань (зрозумілості умови, зручності введення відповіді).

За результатами анкетування викладачів:

- 95% відзначили значне скорочення часу на створення варіантів завдань;
- 90% підтвердили зменшення кількості технічних помилок;
- 75% вказали на підвищення якості контролю знань.

Викладачі відзначили такі переваги створених шаблонів:

- Автоматизація рутинних операцій (100%);
- Можливість швидкого створення великої кількості варіантів (90%);
- Зручність модифікації завдань (75%).

Результати опитування студентів показали:

- 93% студентів розуміли умову без додаткових пояснень з боку викладача,
- 85% студентів було зрозуміло формат введення відповіді,
- 91% студентів схвалюють використання програмних візуалізацій на заняттях,
- 76% стали краще розуміти теми з математичних дисциплін після демонстрацій програм.

Було проведено порівняльний аналіз частоти помилок при традиційному створенні завдань групою експертів та з використанням шаблонів. Розглядалися технічні помилки в умові, помилки в обчисленнях, некоректні відповіді, неоднорідність складності варіантів.

Оцінку частоти помилки рахували за формулою:

$$\text{Частота помилки} = \frac{\text{кількість завдань,що містять помилку}}{\text{загальна кількість створених завдань}}.$$

Зауважимо, що неоднорідність складності визначали за допомогою MIRT-аналізу. Після тестування були обчислені параметри складності однотипних завдань. Для визначення ймовірності неоднорідності складності кількість завдань, складність яких виходила за 95% інтервалу довіри, ділилась на загальну кількість однотипних завдань. Результати аналізу частот помилок наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Частоти помилок завдань при різних технологіях

Тип помилки	Традиційний підхід	З використанням шаблонів
Технічні помилки	0.25	0.08
Обчислювальні помилки	0.18	0.02
Некоректні відповіді	0.13	0.01
Неоднорідність складності	0.21	0.06

Розбіжність частот на підставі критерію хі-квадрат виявилась значущою з рівнем довіри 0.05.

Проаналізовано дані про порівняння середніх витрат часу на створення 20 варіантів однотипних завдань для контрольної, що містить 10 завдань. Традиційний підхід у середньому потребує 40-60 годин для групи з 6 людей. Це не тільки етап створення завдання, але й перевірка розв'язків, створення банку завдань у MOODLE, перевірка відповідності набраних питань умові та відповідям. Натомість створення шаблону займає до 1 години, генерація завдань – 10-20 хвилин, створення банку завдань у MOODLE – 4-6 годин. Найбільше часу витрачається на створення одного типового завдання на платформі MOODLE. Далі, завдяки однотипності завдань, наступні варіанти створюються протягом декількох хвилин шляхом зміни чисел, що пропонуються в умові та відповіді.

Наведені результати підтверджують ефективність розробленої технології та доцільність її широкого впровадження в навчальний процес.

5. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Розроблено і досліджено технологію застосування ІКТ у створенні програм-шаблонів для генерації валідних тестових завдань з вищої математики.
2. Проаналізовано особливості використання різних програмних систем (Wolfram Mathematica, GeoGebra, R, Excel) для написання скриптів шаблонів. Визначено їх переваги та недоліки для різних тем математичних дисциплін.
3. Наведено приклади шаблонів та завдань на платформі MOODLE, за допомогою яких згенеровано базу валідних завдань з вищої математики.
4. Досліджена технологія дозволяє значно скоротити час на створення великої кількості варіантів завдань із заданими характеристиками, забезпечує однорідність рівня складності варіантів завдань, мінімізує технічні помилки при створенні завдань, допомагає запобігати списуванню.
5. Використання шаблонів у якості демонстраційного матеріалу під час занять сприяє кращому розумінню матеріалу студентами завдяки візуалізації та динамічній зміні параметрів.

6. Впровадження розробленої технології навіть в умовах дистанційного навчання та обмеженого доступу до електрики та інтернету довело її ефективність.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення бази шаблонів для різних розділів вищої математики, розробку методики автоматизованого аналізу якості згенерованих завдань, удосконалення алгоритмів генерації дистракторів, залучення ШІ до генерування умов та виявлення типів завдань, які ШІ розв'язує правильно, з метою їхнього переформулювання задля запобігання недоброчесності.

ПОДЯКА

Дякуємо компанії Wolfram, яка надає КПІ ім. Ігоря Сікорського безкоштовні ліцензії на користування їх продуктом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Н. В. Круглова, О. О. Диховичний, "Добір математичної моделі для аналізу тестових завдань типу «вбудовані відповіді» з математичних дисциплін", *Інформаційні технології і засоби навчання*, том. 87, №. 1, с. 166–184, 2022, doi: 10.33407/itlt.v87i1.4487.

[2] А. Ф. Дудко, "Комп'ютерно орієнтована методика оцінювання якості тестів з вищої математики викладачами вищої освіти", Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук, Київ, 24 с., 2019.

[3] L.M. Sánchez-Ruiz, S. Moll-López, A. Nuñez-Pérez, J.A. Moraño-Fernández, and E. Vega-Fleitas, "ChatGPT Challenges Blended Learning Methodologies in Engineering Education", *A Case Study in Mathematics. Appl. Sci*, vol. 13, no. 10, 2023, doi: 10.3390/app13106039. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.mdpi.com/2076-3417/13/10/6039.

[4] S. Nikolic, C. Sandison, R. Haque, S. Daniel, S. Grundy, M. Belkina, M.P. Neal, "ChatGPT, Copilot, Gemini, SciSpace and Wolfram versus higher education assessments: an updated multi-institutional study of the academic integrity impacts of Generative Artificial Intelligence (GenAI) on assessment, teaching and learning in engineering", *Australasian Journal of Engineering Education*, 29(2), pp.126–153, 2024, doi: 10.1080/22054952.2024.2372154.

[5] М.С. Паккі, "Забезпечення надійності процедур оцінювання здобувачів в умовах онлайн навчання", *Інформаційні технології і засоби навчання*, том. 88, №. 2, с. 139–151, 2022, doi:10.33407/itlt.v88i2.4476.

[6] А. Розуменко, А. Розуменко, та О. Удовиченко, "Методичні особливості навчання вищої математики студентів нематематичних спеціальностей в кризових умовах (узагальнення досвіду роботи в умовах військового стану", *Освіта. Інноватика. Практика*, № 12(3), с. 70–77, 2024, doi: 10.31110/2616-650X-vol12i3-010.

[7] M. J. Gierl, H. Lai, "A process for reviewing and evaluating generated test items ", Educational Measurement: Issues and Practice, vol. 35, no. 4. pp. 6-20, 2016.

[8] D. Bodnenko, O. Lytvyn, S. Radchenko, and V. Proshkin, "The templates methods in e-learning of higher mathematics" in *E-learning in the Time of COVID-19*, vol. 13, Katowice–Cieszyn, Poland: STUDIO NOA, pp. 199–209, 2021, doi: 10.34916/el.2021.13.17.

[9] V. Zaika, A. Tetiana, T. Vakaliuk, S. Semerikov, "Selection of online tools for creating math tests", in AREdu 2021: 4th International Workshop on Augmented Reality in EducationAt: Kryvyi Rih, Ukraine, 2021, [Електронний ресурс]. Доступно: https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper04.pdf.

[10] N. Dahal, N. K. Manandhar, L. Luitel, B. C. Luitel, B. P. Pant, & I. M. Shrestha, "Ict tools for remote teaching and learning mathematics: a proposal for autonomy and engagements", *Adv Mobile Learn Educ Res*, vol.2(1), pp. 289-296, 2022, doi: 10.25082/AMLER.2022.01.013.

[11] M. Zainul Arifin, Agni Danaryanti, Yuni Suryaningsih, "Development of Online Learning Media Using Geogebra and LaTeX on Derivative Material", *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 6(1), pp.59-72, 2023, doi: 10.24042/ijsme.v6i1.15367.

[12] E. Yildiz, I. Arpaci, " Understanding pre-service mathematics teachers' intentions to use GeoGebra: The role of technological pedagogical content knowledge", *Educ Inf Technol*, vol.29, pp.18817–18838, 2024, doi: 10.1007/s10639-024-12614-1.

[13] R. Ziatdinov, and J.R. Valles, Jr. “Synthesis of Modeling, Visualization, and Programming in GeoGebra as an Effective Approach for Teaching and Learning STEM Topics”, *Mathematics*, vol.10, p. 398, 2022, doi: 10.3390/math10030398.
[14] C. Chytas, S.P.van Borkulo, P. Drijvers, et al.,”Computational Thinking in Secondary Mathematics Education with GeoGebra: Insights from an Intervention in Calculus Lessons”, *Digit Exp Math Educ*, vol. 10, pp. 228–259, 2024, doi: 10.1007/s40751-024-00141-0.
[15] Neisarg Dave, Riley Owen Bakes, Bart Pursel, and C. Lee Giles, “Math Multiple Choice Question Solving and Distractor Generation with Attentional GRU Networks”. *In: Proceedings of The 14th International Conference on Educational Data Mining (EDM21). International Educational Data Mining Society*, pp. 422-430, 2021, [Електронний ресурс]. Доступно: https://educationaldatamining.org/edm2021.
[16] Hunter McNichols, Wanyong Feng, Jaewook Lee, Alexander Scarlatos, Digory Smith, Simon Woodhead, Andrew Lan, “Automated Distractor and Feedback Generation for Math Multiple-choice Questions via In-context Learning”, arXiv:2308.03234 [cs.CL], 2023, doi: 10.48550/arXiv.2308.03234
[17] A.C. Conceição, “Dynamic and Interactive Tools to Support Teaching and Learning”, *Math. Comput. Appl.* 27(1), 2022, doi: 10.3390/mca27010001.
[18] Z. Chen, “Assessing introductory physics students using large open item bank created using GPT-3 and WolframAlpha “, *APS April Meeting Abstracts*, vol.68(6), 2023, [Електронний ресурс]. Доступно: https://meetings.aps.org/Meeting/APR23/Session/B18.4.

Матеріал надійшов до редакції 06.04.2025р.

APPLICATION OF ICT IN CREATING TEMPLATE PROGRAMS FOR GENERATING HIGHER MATHEMATICS TEST ITEMS

Nataliia Kruglova
PhD (physical and mathematical sciences),
Associate Professor at Mathematical Analysis and Probability Theory Department
National Technical University of Ukraine “Igor Sicorsky Kyiv Politechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-9143-9398
natahak@ukr.net

Oleksandr Dykhovychnyi
PhD (physical and mathematical sciences),
Associate Professor at Mathematical Analysis and Probability Theory Department
National Technical University of Ukraine “Igor Sicorsky Kyiv Politechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-8505-2878
a.dyx@ukr.net

Abstract. The study explores the use of modern information and communication technologies (ICT) for the automated generation of test items in higher mathematics. It provides a detailed analysis of the development of so-called template programs in systems such as Wolfram Mathematica, GeoGebra, R, and Excel, which enable the generation of a large number of new tasks adapted to students’ level of preparation, with predefined parameters of difficulty, discriminative ability, and formatted answers.

The paper examines methods for designing and implementing such template programs. It describes the algorithms used for automatic task generation, as well as the application of the generated tasks in assessment activities conducted on the MOODLE platform. The advantages of using automated testing systems are discussed, including objective evaluation, reduced time for task creation and grading.

The impact of modern information technologies on the development of digital literacy, competence in using software tools, and the ability to integrate modern technologies into the educational process is analyzed, along with the enhancement of instructors' critical thinking and analytical skills.

The article also presents examples of successful implementation of template programs developed using Wolfram Language, GeoGebra, R, and Excel into the educational process, along with the results of their use, which demonstrate significant improvement in students’ performance and motivation in studying higher mathematics. Examples of templates and tasks generated with these programs are provided, and the suitability of different software tools for generating test items in specific branches of mathematics is explored.

Considerable attention is given to the issue of academic integrity: the authors propose strategies to prevent cheating through task variability and the use of embedded answer formats.
Empirical results show that the use of template programs significantly reduces the number of errors in tasks, shortens development time, and improves students' learning outcomes.
The paper concludes with the recognition of the need for further development and refinement of ICT in education, as well as the active integration of innovative technologies into curricula to improve the quality of education.

Keywords: Wolfram; GeoGebra; Moodle; computer-based testing; template; test items.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] N.V. Kruglova and O. O.Dykhovychnyi, "Selecting a mathematical model for analysis of test items of the type 'embedded answers' for mathematical disciplines", *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 87, no. 1, pp. 166–184, 2022, doi: 10.33407/itlt.v87i1.4487. (in Ukrainian).

[2] A. F. Dudko, "Computer-oriented methodology of assessing the quality of tests in higher mathematics by teachers of higher education establishments", Avtoreferat dysertatsii na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata pedahohichnykh nauk, Kyiv, Ukraine, 24 p., 2019. (in Ukrainian).

[3] L.M. Sánchez-Ruiz, S. Moll-López, A. Nuñez-Pérez, J.A. Moraño-Fernández, and E. Vega-Fleitas, "ChatGPT Challenges Blended Learning Methodologies in Engineering Education", *A Case Study in Mathematics. Appl. Sci*, vol. 13, no. 10, 2023, doi: 10.3390/app13106039. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2076-3417/13/10/6039. (in English).

[4] S. Nikolic, C. Sandison, R. Haque, S. Daniel, S. Grundy, M. Belkina, M.P. Neal, "ChatGPT, Copilot, Gemini, SciSpace and Wolfram versus higher education assessments: an updated multi-institutional study of the academic integrity impacts of Generative Artificial Intelligence (GenAI) on assessment, teaching and learning in engineering", *Australasian Journal of Engineering Education*, 29(2), pp.126–153, 2024, doi: 10.1080/22054952.2024.2372154. (in English).

[5] M. C. Pakki, "The ensuring of reliability of students' assessment procedures during online learning", *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 88, no. 2, pp. 139–151, 2022, doi: 10.33407/itlt.v88i2.4476. (in Ukrainian).

[6] A. Rozumenko, A. Rozumenko, O. Udovychenko, "Methodological Features of Teaching Higher Mathematics to Non-Mathematics Major Students in Crisis Conditions (Generalization of Experience in Wartime Conditions)", *Osvita. Innovatyka. Praktyka*, № 12(3), pp. 70–77, 2024, , doi: 10.31110/2616-650X-vol12i3-010. (in Ukrainian).

[7] M. C. Gierl, H.Lai, "A process for reviewing and evaluating generated test items", Educational Measurement: Issues and Practice, vol. 35, no. 4. pp. 6-20, 2016. (in English).

[8] D. Bodnenko, O. Lytvyn, S. Radchenko, and V.Proshkin, "The templates methods in e-learning of higher mathematics", in *E-learning in the Time of COVID-19*, vol. 13, Katowice–Cieszyn, Poland: STUDIO NOA, pp. 199–209, 2021, doi: 10.34916/el.2021.13.17. (in English).

[9] V.Zaika, A.Tetiana, T.Vakaliuk, S. Semerikov, "Selection of online tools for creating math tests", in AREdu 2021: 4th International Workshop on Augmented Reality in EducationAt: Kryvyi Rih, Ukraine, 2021, [Online]. Available: https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper04.pdf. (in English).

[10] N. Dahal, N. K. Manandhar, L. Luitel, B. C. Luitel, B. P. Pant, & I. M. Shrestha, "Ict tools for remote teaching and learning mathematics: a proposal for autonomy and engagements", *Adv Mobile Learn Educ Res*, vol.2(1), pp. 289-296, 2022, doi: 10.25082/AMLER.2022.01.013.(in English).

[11] M. Zainul Arifin, Agni Danaryanti, Yuni Suryaningsih, "Development of Online Learning Media Using Geogebra and LaTeX on Derivative Material", *Article in Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, vol.6(1), pp.59-72, May 2023, doi: 10.24042/ijsme.v6i1.15367. (in English).

[12] E. Yildiz, I. Arpaci, " Understanding pre-service mathematics teachers' intentions to use GeoGebra: The role of technological pedagogical content knowledge", *Educ Inf Technol*, vol.29, pp.18817–18838, 2024, doi: 10.1007/s10639-024-12614-1. (in English).

[13] R. Ziatdinov, and J.R. Valles, Jr. "Synthesis of Modeling, Visualization, and Programming in GeoGebra as an Effective Approach for Teaching and Learning STEM Topics", *Mathematics*, vol.10, p. 398, 2022, doi: 10.3390/math10030398. (in English).

[14] C. Chytas, S.P.van Borkulo, P. Drijvers, et al.,"Computational Thinking in Secondary Mathematics Education with GeoGebra: Insights from an Intervention in Calculus Lessons", *Digit Exp Math Educ*, vol. 10, pp. 228–259, 2024, doi: 10.1007/s40751-024-00141-0. (in English).

[15] Neisarg Dave, Riley Owen Bakes, Bart Pursel and C. Lee Giles, "Math Multiple Choice Question Solving and Distractor Generation with Attentional GRU Networks". *In: Proceedings of The 14th International Conference on Educational Data Mining (EDM21). International Educational Data Mining Society*, pp. 422-430, 2021, [Online]. Available: https://educationaldatamining.org/edm2021. (in English).

[16] Hunter McNichols, Wanyong Feng, Jaewook Lee, Alexander Scarlatos, Digory Smith, Simon Woodhead, Andrew Lan, "Automated Distractor and Feedback Generation for Math Multiple-choice Questions via In-context Learning", arXiv:2308.03234 [cs.CL], 2023, doi: 10.48550/arXiv.2308.03234. (in English).

[17] A.C. Conceição, "Dynamic and Interactive Tools to Support Teaching and Learning", *Math. Comput. Appl.* 27(1), 2022, doi: 10.3390/mca27010001. (in English).

[18] Z. Chen, "Assessing introductory physics students using large open item bank created using GPT-3 and WolframAlpha ", *APS April Meeting Abstracts*, vol.68(6), 2023, [Online]. Available: https://meetings.aps.org/Meeting/APR23/Session/B18.4. (in English).

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.