

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Штучного інтелекту
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження використання методів штучного інтелекту у адаптивному
навчанні учнів початкової школи
(тема)

Виконав:

здобувач другого року навчання,

групи ДСМ-23-1

Яковлєва В.А.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Науки про дані (Data Science)

(повна назва спеціалізації)

Керівник доц. Чала Л.Е.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

О.В. Золотухін

(прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук _____
(повна назва)
Кафедра _____ Штучного інтелекту _____
(повна назва)
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 122 Комп'ютерні науки _____
(код і повна назва)
Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Освітня програма _____ Науки про дані (Data Science) _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві _____ Яковлєвій Вероніці Андріївні _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Дослідження використання методів штучного інтелекту у адаптивному навчанні учнів початкової школи _____

затверджена наказом університету від 22 листопада 20 24 р. № 1238Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 21 січня 20 25 р.

3. Вихідні дані до роботи дані про структуру та функціональні можливості веб-застосунку, інтерфейси сторінок реєстрації, авторизації та навчання, розроблений код веб-застосунку Python із використанням Flask для серверної частини, HTML, CSS, та JavaScript для клієнтської частини, бази даних для збереження інформації про учнів, їхній прогрес і помилки, навчальні матеріали, результати аналізу ефективності системи через експериментальні дослідження, які включають кількісний аналіз (правильні та неправильні відповіді, витрачений час) і якісний аналіз (оцінка зручності та задоволення учнів). _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

1) Аналіз предметної галузі та дослідження можливостей адаптивного навчання _____

2) Визначення вимог до адаптивної системи навчання для початкової школи _____

3) Розробка архітектури та функціональних можливостей веб-застосунку _____

4) Використання методів штучного інтелекту для аналізу навчального прогресу учнів _____

5) Розробка алгоритмів персоналізації навчального контенту _____

6) Експериментальне дослідження ефективності адаптивного навчання _____

7) Визначення шляхів підвищення ефективності адаптивної системи навчання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	25.11.2024	виконано
2	Аналіз предметної галузі	27.11.2024	виконано
3	Визначення вимог до адаптивної системи	01.12.2024	виконано
4	Розробка архітектури системи	03.12.2024	виконано
5	Створення бази даних та її наповнення	06.12.2024	виконано
6	Розробка алгоритмів персоналізації навчання	08.12.2024	виконано
7	Розробка інтерфейсу веб-застосунку	10.12.2024	виконано
8	Реалізація функціоналу адаптації навчального контенту	12.12.2024	виконано
9	Тестування та валідація системи	14.12.2024	виконано
10	Експериментальне тестування з учнями	18.12.2024	виконано
11	Аналіз отриманих результатів	20.12.2024	виконано
12	Написання теоретичної частини роботи	23.12.2024	виконано
13	Підготовка розділу з експериментальними дослідженнями	27.12.2024	виконано
14	Написання пояснювальної записки	12.01.2025	виконано
15	Попередній захист	14.01.2025	виконано
16	Захист перед екзаменаційною комісією	21.01.2025	

Дата видачі завдання 25 листопада 2024 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Чала Л.Е.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 90 с., 34 рис., 1 дод., 28 джерел.

АДАПТИВНЕ НАВЧАННЯ, АЛГОРИТМИ, АНАЛІЗ ДАНИХ, ГЕЙМІФІКАЦІЯ, ДИДАКТИКА, ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ, ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ, ПОЧАТКОВА ШКОЛА.

Об'єкт дослідження – системи дистанційного навчання для школярів молодших класів із використанням технологічних рішень, що базуються на персоналізації навчання та впровадженні елементів гри через алгоритми штучного інтелекту.

Предмет дослідження – методи адаптації навчальних програм до індивідуальних потреб учнів в навчальних закладах початкової освіти з використанням технологій штучного інтелекту.

Мета роботи – дослідження можливостей застосування технологій штучного інтелекту для адаптації навчальних програм до індивідуальних потреб учнів та розроблення рекомендацій до створення адаптивної системи навчання для початкової школи з використанням методів штучного інтелекту.

Методи дослідження – порівняльний аналіз технологій адаптивного навчання; застосування моделей індивідуалізованого навчання на основі штучного інтелекту; емпіричне дослідження адаптивних методик у програмах початкової школи.

Розроблено практичні рекомендації щодо впровадження штучного інтелекту в освітній процес початкової школи для створення індивідуалізованих навчальних траєкторій, що враховують потреби та можливості учнів.

ABSTRACT

Master's thesis contains: 90 pp., 33 fig., 1 ann., 28 references.

ADAPTIVE LEARNING, ALGORITHMS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, DATA ANALYSIS, DIDACTICS, GAMIFICATION, INFORMATION SYSTEMS, KNOWLEDGE CONTROL, PERSONALIZATION, PRIMARY SCHOOL.

Object of study – distance learning systems for primary school students using technological solutions based on personalized learning and the implementation of game elements through artificial intelligence algorithms.

Subject of study – methods of adapting educational programs to the individual needs of students in primary education institutions using artificial intelligence technologies.

Purpose of the work – to explore the possibilities of using artificial intelligence technologies to adapt educational programs to the individual needs of students and to develop recommendations for creating an adaptive learning system for primary schools using artificial intelligence methods.

Research methods – comparative analysis of adaptive learning technologies; application of individualized learning models based on artificial intelligence; empirical research of adaptive methodologies in primary school programs.

Practical recommendations have been developed for the implementation of artificial intelligence in the educational process of primary schools to create individualized learning trajectories that account for the needs and abilities of students.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	8
Вступ	9
1 Аналіз проблематики та стану досліджень у галузі	12
1.1 Визначення адаптивного навчання та його ролі в сучасній освіті	12
1.2 Особливості навчання учнів початкової школи в Україні	14
1.3 Переваги адаптивного навчання для учнів початкових класів	15
1.4 Обмеження адаптивного навчання в початковій школі та аспекти роботи з дітьми	18
1.4.1 Головні недоліки адаптивного навчання.....	19
1.4.2 Робота з дітьми в умовах адаптивного навчання.....	21
1.4.3 Перспективи вдосконалення адаптивного навчання	21
1.5 Огляд існуючих платформ і інструментів для дистанційного навчання для школярів молодших класів.....	22
1.5.1 Інтерактивне запам'ятовування та ігровий підхід: особливості платформи Quizlet	23
1.5.2 Поглиблене навчання та академічний контент: використання Coursera в освіті молодших школярів	26
1.5.3 Адаптивне вивчення: аналіз можливостей платформи Duolingo	29
1.6 Обґрунтування актуальності дослідження та постановка задачі	32
2 Методи використання штучного інтелекту в адаптивному навчанні.....	36
2.1 Концепція та методика створення адаптивного навчання	37
2.2 Механіка адаптивного навчання.....	39
2.3 Методи аналізу даних для адаптивного навчання	41
3 Розробка моделі та підходу до розв'язання задачі	44
3.1 Визначення вимог до адаптивної системи навчання учнів початкової школи	44

3.2 Використання гейміфікації та штучного інтелекту в навчанні молодших школярів	45
3.3 Оцінка ефективності наявних методів адаптивного навчання з гейміфікацією для навчання	47
3.4 Архітектура та функціональні можливості розробленої системи	49
3.4.1 Організація баз даних для системи адаптивного навчання	50
3.4.2 Створення алгоритму персоналізації навчального процесу	56
3.4.3 Розробка та організація коду адаптивної системи навчання	59
3.4.4 Візуальна складова та інтерфейс веб-застосунку	62
3.5 Алгоритм адаптації навчального контенту за допомогою застосування методів штучного інтелекту	72
4 Експериментальні дослідження	75
4.1 Методика оцінювання адаптивної системи навчання	75
4.2 Особливості вибірки та умови проведення експерименту	79
4.3 Аналіз результатів використання адаптивної системи	80
4.4 Порівняння ефективності розробленої системи із традиційними підходами	82
Висновки	84
Перелік джерел посилання	87
Додаток А Відомість кваліфікаційної роботи	90

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БД – база даних;

ІТ – інформаційні технології;

ІН – індивідуальне навчання;

КМ – когнітивні моделі;

МЗ – методика навчання;

НП – навчальний процес;

ПЗ – програмне забезпечення;

ШІ – штучний інтелект;

AI – Artificial Intelligence – штучний інтелект;

DB – Database – база даних;

IT – Information Technologies – інформаційні технології;

ML – Machine Learning – машинне навчання;

NLP – Natural Language Processing – обробка природної мови;

UI – User Interface – інтерфейс користувача;

UX – User Experience – досвід користувача.

ВСТУП

Штучний інтелект має потенціал докорінно змінити організацію освітнього процесу та спосіб нашого життя. Він вже активно застосовується у багатьох сферах для автоматизації завдань, аналізу великих обсягів інформації та створення інноваційних рішень. Проте це лише початок його впливу. В освіті такі технології можуть трансформувати як підхід до викладання, так і результати навчання. Вони також відкривають нові перспективи, дозволяючи знаходити креативні шляхи розв'язання соціальних проблем. У міру інтеграції цих рішень у повсякденне життя змінюється і наш підхід до їх використання з адаптацією до нових викликів та можливостей.

Уявлення про інтелектуальні системи багато в чому сформоване під впливом масової культури. Однак вони вже перестали бути частиною футуристичних прогнозів і стали звичними у повсякденному житті, хоча часто залишаються непомітними. Алгоритми впливають на вибір реклами, розрахунок вартості товарів і рекомендації фільмів або музики. Окрім цього, вони беруть участь у важливих рішеннях, таких як медична діагностика, оцінка кредитоспроможності або реагування на надзвичайні ситуації. Розвиток таких технологій змінює підходи до прийняття рішень, спрощуючи складні процеси та відкриваючи нові можливості.

Ці інструменти використовують дані для автоматизації операцій, пошуку зв'язків і аналізу. Їхні можливості знаходять ефективне застосування не тільки у сфері бізнесу чи технологій, але й у галузі освіти. Особливу увагу приділяють підтримці педагогів, знижуючи їхнє навантаження та дозволяючи більше часу приділяти персональному підходу до учнів. Згідно з дослідженням AI@Education, алгоритми можуть запропонувати індивідуально підібрані завдання, спрямовані на підвищення ефективності засвоєння матеріалу [1].

Сучасні діти зростають у середовищі, де алгоритми машинного навчання, рекомендаційні системи, алгоритми класифікації, адаптивні алгоритми, а також алгоритми аналізу природної мови (NLP) впливають на їхню повсякденну діяльність. Інтерактивні гаджети та іграшки з елементами інтелектуальних систем стають частиною їхнього розвитку, перетворюючи їх не лише на інструменти розваг, але й на ефективні засоби навчання. У навчальному процесі такі технології допомагають створювати адаптивне середовище, яке враховує індивідуальні особливості кожного учня.

Перший значний поштовх до впровадження технологій у навчальний процес відбувся під час пандемії COVID-19. Перехід на дистанційне навчання зробив необхідним використання платформ, таких як Google Meet або Google Classroom. Сьогодні, в умовах воєнних дій, ця проблема залишається актуальною через потребу забезпечити доступ до якісної освіти для дітей у складних умовах. Розробка нових підходів до навчання стала важливим соціальним викликом.

Втім, дистанційне навчання стикається з багатьма труднощами. Багато учнів втрачають мотивацію через відсутність живого спілкування та структурованого середовища. Домашнє навчання супроводжується численними відволіканнями, а недостатність фізичної активності знижує психологічний комфорт. Особливо це стосується молодших школярів, для яких соціальна взаємодія є важливим фактором формування інтересу до навчання. Також екранне спілкування ускладнює можливість ставити запитання через страх осуду, що є важливою перешкодою для ефективного навчання.

Для подолання цих викликів необхідне впровадження підходів, які можуть забезпечити високу ефективність навчання навіть у дистанційному форматі. Особливу увагу слід приділити методикам, що поєднують ігрові елементи з адаптивними технологіями. Це дозволяє зробити навчання більш цікавим та одночасно результативним. Яскравий контент, персоналізовані завдання та аналіз індивідуального прогресу учнів сприяють кращому

засвоєнню знань. Інтелектуальні системи також можуть виявляти прогалини у знаннях та пропонувати індивідуальні стратегії їхнього заповнення.

Використання інноваційних підходів у навчальному процесі сприяє створенню персоналізованих траєкторій навчання. Такі підходи враховують особливості кожного учня, забезпечуючи необхідну підтримку для їхнього розвитку. У початковій школі, де закладається основа для подальшого навчання, ці інновації мають важливе значення для формування успішної особистості у майбутньому.

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ТА СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ

Цифровізація стала невід'ємною частиною безперервної освіти. Хоча деякі люди вперше почали займатися електронним навчанням лише під час пандемії, навчальні платформи вже давно є стандартом у успішних компаніях. Фундаментальні зміни також можна спостерігати у дослідженнях і, особливо, у викладанні. У педагогіці, наприклад, дедалі частіше проявляється тенденція до індивідуального навчання – і це не лише наслідок пандемії. Іншими словами: зміст навчання дедалі більше адаптується до потреб учня, узгоджується з його індивідуальним рівнем знань і відповідним чином підготовлений. Цей розвиток має великий вплив на електронне навчання. Навіть у цій сучасній формі передачі знань зміст навчання має бути ідеально адаптованим до учнів. Це повинно працювати на практиці через адаптивні системи навчання.

1.1 Визначення адаптивного навчання та його ролі в сучасній освіті

Адаптивне навчання – це персоналізація освітнього досвіду для кожного окремого учня. Воно включає адаптацію навчального плану, зміну темпу або складності практичних завдань і оцінювань, додавання ресурсів для покращення певних аспектів навчання та багато іншого [2].

Адаптивне навчання зазвичай використовує технології для створення більш ефективного навчального шляху на основі індивідуального темпу засвоєння матеріалу кожного учня. Часто це реалізується на веб-платформах, які використовують алгоритми чи інші технології для оцінки й персоналізації навчальної траєкторії студентів. Ця персоналізація охоплює адаптацію контенту, послідовності викладу матеріалу та оцінювання, а також покращення комунікації й співпраці між вчителями та адміністрацією.

Системи адаптивного навчання спираються на алгоритми, які безперервно аналізують великі обсяги даних. Це дозволяє визначати, на який контент і методи навчання учні реагують найкраще. Використовуючи цю інформацію, вони створюють курс, який враховує прогалини в навичках учня, швидкість засвоєння нової інформації, його існуючі знання та індивідуальні вподобання.

Персоналізоване дистанційне навчання є найбільш ефективним у таких предметах, як мови, історія та математика. Це зумовлено тим, що адаптивний підхід пропонує матеріал, який відповідає рівню знань учня, ще на початковому етапі курсу, дозволяючи поступово опановувати складніші теми з чіткою логікою. Такий метод чудово підходить для дисциплін, що вимагають послідовного засвоєння знань, а також для розвитку практичних умінь. Для учнів, які поєднують традиційну й онлайн-освіту, адаптивні технології відкривають додаткові можливості для ефективного навчання. Вони допомагають не лише засвоїти новий матеріал, але й повернутися до попередніх тем, щоб закріпити знання або надолужити пропущене.

Також адаптивні системи є незамінними для підготовки до іспитів. Вони дають змогу переглядати річну навчальну програму, пропонуючи додаткові ресурси для тем, які викликають труднощі. Завдяки цьому учні можуть впевненіше готуватися до перевірки знань. Ефективність таких систем безпосередньо залежить від наявності якісного навчального контенту. Він повинен охоплювати різні теми та рівні складності, щоб задовольнити потреби кожного учня й забезпечити адаптацію до їхніх індивідуальних особливостей.

Крім того, адаптивні технології корисні не лише для окремих учнів, але й для освітнього процесу в цілому [3]. Вони швидко ідентифікують труднощі, які виникають у засвоєнні певних тем, і дозволяють вчителям змінювати методику викладання, щоб пояснити матеріал більш доступно. Такий підхід значно покращує якість навчання, оскільки враховує індивідуальні потреби учнів та сприяє ефективному опануванню знань.

1.2 Особливості навчання учнів початкової школи в Україні

Сучасна початкова освіта в Україні стикається з низкою викликів, які потребують глибокого аналізу та ефективних рішень. Одним із ключових аспектів є впровадження концепції Нової української школи (НУШ), яка спрямована на модернізацію освітнього процесу та підвищення його якості. Згідно з дослідженням О.Я. Савченко, докторки педагогічних наук, головної наукової співробітниці Інституту педагогіки НАПН України, у початковій освіті активно змінюються цілі, результати, зміст, підходи до організації та оцінки якості освітнього процесу. Методологічною та нормативною основою реформування є закон України «Про освіту», Концепція НУШ та Основи державного стандарту [4].

Однак впровадження НУШ супроводжується певними проблемами. Зокрема, дослідження Міністерства освіти і науки України 2019 року виявило, що учні 3-х класів, які навчалися за пілотними програмами НУШ, демонструють різний рівень сформованості наскрізних умінь [5]. Це свідчить про необхідність удосконалення методик викладання та підвищення кваліфікації вчителів.

Ситуацію ускладнили події пандемії COVID-19, які суттєво змінили формат навчання. Дистанційне навчання стало викликом для багатьох учнів, особливо у початкових класах. Дослідження, проведені у 2021 році Центром освітніх реформ, вказують на те, що учні початкових класів мали труднощі із засвоєнням матеріалу через технічні проблеми, відсутність соціальної взаємодії та брак живого контакту з учителем. Психологічний комфорт учнів також постраждав через ізоляцію, що підвищило рівень тривожності й емоційного виснаження.

Воєнні дії 2022 року додали нові виклики, особливо для дітей, які вимушені навчатися у небезпечних умовах або в умовах евакуації. У дослідженні ЮНІСЕФ зазначено, що 67% учнів відчувають емоційний дискомфорт через невизначеність і постійний стрес. Це безпосередньо

впливає на їхню успішність, знижуючи рівень мотивації та здатність концентруватися на навчанні. Крім того, багато родин не мають доступу до належного технічного забезпечення, що ускладнює дистанційне навчання.

Для покращення успішності учнів необхідно враховувати їхні психологічні та фізичні потреби. Умови навчання мають бути максимально комфортними, навіть за дистанційного формату. Важливо створити підтримувальне середовище, яке враховує індивідуальні особливості кожного учня. Це включає забезпечення технічними засобами, адаптацію розкладу до потреб дітей, регулярні психологічні консультації, інтеграцію інтерактивних методик та елементів гри для збереження зацікавленості.

Сучасні виклики у сфері початкової освіти включають необхідність удосконалення методик викладання, підвищення кваліфікації вчителів, забезпечення доступу до якісних технічних ресурсів і впровадження інноваційних підходів до навчання. Вирішення цих проблем є ключовим для забезпечення якісної освіти та успішної реалізації реформи НУШ.

1.3 Переваги адаптивного навчання для учнів початкових класів

Адаптивне навчання стає важливим новаторським підходом у сфері освіти, що допомагає ефективно враховувати індивідуальні потреби учнів і сприяє їхньому глибокому залученню до навчального процесу. Однією з головних переваг цієї методики є її здатність персоналізувати навчання, створюючи середовище, яке відповідає рівню знань, умінь та інтересів кожного школяра [6].

Контент у таких системах налаштований так, щоб не бути ані занадто простим, ані занадто складним для учнів. Завдяки цьому навчальні модулі та завдання не викликають у дітей відчуття перевантаження, а навпаки, стимулюють їх до виконання завдань і досягнення нових успіхів. Учні також отримують можливість обирати формати контенту, які їм цікавіші, що сприяє додатковій мотивації. Наприклад, вони можуть брати участь у

індивідуальних або групових активностях, які інтегрують елементи гри, перетворюючи навчання на захопливий процес.

Адаптивне навчання значно відрізняється від традиційних форм електронного навчання, які часто передбачають стандартні модулі або записані лекції. Системи, що базуються на адаптивному підході, інтерактивні й динамічні (рисунок 1.1), що робить їх більш цікавими для учнів [7]. Такі платформи також дозволяють завантажувати навчальні матеріали на мобільні пристрої для автономного використання. Це особливо корисно для молодших школярів, які можуть навчатися в будь-якому зручному для них місці.



Рисунок 1.1 – Переваги адаптивного навчання

Окрім залучення, адаптивне навчання забезпечує значну ефективність. Уроки спрямовуються на конкретні теми чи вміння, які потребують покращення, уникаючи зайвого повторення вже засвоєного матеріалу. Такий підхід допомагає заощадити час і сконцентруватися на прогалинах у знаннях, що дозволяє досягати навчальних цілей швидше та якісніше.

Універсальність адаптивного навчання також дозволяє враховувати різноманітні стилі навчання. Якщо один учень краще засвоює інформацію через візуальні матеріали, інший може краще розуміти матеріал через практичні вправи. Завдяки цьому підходу кожен школяр отримує доступ до формату, який відповідає його особистим потребам, що руйнує бар'єри в навчанні [8].

Оцінювання є ще одним важливим аспектом адаптивного навчання. Системи пропонують механізми постійного моніторингу прогресу учня та надають миттєвий зворотний зв'язок. Це дозволяє дітям одразу виправляти помилки та вдосконалювати розуміння складних тем. Такий підхід сприяє ітеративному процесу навчання, який постійно покращується.

Адаптивне навчання є перспективним інструментом для початкової освіти, який робить навчальний процес більш цікавим, доступним і результативним. Завдяки персоналізації, ефективності та інноваційним підходам цей метод має потенціал кардинально змінити освітній досвід молодших школярів, забезпечуючи їхнє успішне навчання та розвиток.

Ключові переваги адаптивного навчання:

- персоналізація: навчальні матеріали й завдання підлаштовуються під індивідуальні потреби кожного учня;
- ефективність: час і зусилля спрямовані на усунення прогалин у знаннях, що дозволяє швидше досягати результатів;
- інтерактивність: навчальний процес доповнюється ігровими елементами, які підтримують інтерес учнів;
- універсальність: підтримка різних стилів навчання дозволяє забезпечити комфортний освітній досвід для кожної дитини;
- оцінювання й зворотний зв'язок: постійний моніторинг та своєчасна підтримка допомагають швидко вдосконалювати навички.

1.4 Обмеження адаптивного навчання в початковій школі та аспекти роботи з дітьми

Попри численні переваги адаптивного навчання, його використання в початковій школі пов'язане з певними труднощами, які необхідно враховувати під час розробки та впровадження таких систем. Одним із ключових викликів є залежність від технологій. Для ефективної роботи адаптивного навчання необхідні сучасні пристрої, стабільний доступ до Інтернету та технічна підтримка. Проте в Україні, особливо в сільській місцевості або в умовах воєнного стану, забезпечення таких ресурсів не завжди можливе. Це обмежує доступність адаптивного навчання для значної частини учнів.

Іншим аспектом є зменшення соціальної взаємодії. У початковій школі спілкування з однокласниками та вчителями відіграє важливу роль у формуванні соціальних навичок дитини. Зосередженість на цифрових платформах може знижувати рівень особистісного контакту, що негативно впливає на психологічний комфорт учнів. Діти можуть почуватися ізольованими, що особливо небезпечно для тих, хто має підвищену тривожність або труднощі з адаптацією [9].

Висока вартість розробки та підтримки систем адаптивного навчання є ще одним стримуючим фактором. Такі системи потребують значних інвестицій для створення алгоритмів, налаштування контенту та навчання педагогів. Для державних шкіл це може бути фінансово обтяжливим завданням, особливо з урахуванням додаткових витрат на технічне забезпечення.

Ще одним важливим питанням є ризики конфіденційності. Збирання та аналіз персональних даних учнів для формування індивідуальних навчальних траєкторій викликає занепокоєння серед батьків і освітян. Необхідно забезпечити високий рівень захисту даних, щоб уникнути зловживань і витоку інформації.

1.4.1 Головні недоліки адаптивного навчання

Адаптивна модель навчання, попри її значні переваги, має певні обмеження, які особливо помітні у сфері початкової освіти. Важливо враховувати ці недоліки під час розробки і впровадження таких систем, щоб забезпечити максимально ефективне та комфортне навчання для дітей.

Одним із ключових недоліків є обмежена дослідницька база. Хоча адаптивні програми швидко здобувають популярність завдяки своїй гнучкості, новизна цього підходу означає, що поки існує недостатньо наукових даних, які б повністю підтверджували їхню ефективність. Натомість багато зусиль витрачається на розробку алгоритмів і платформ, не враховуючи практичних досліджень у сфері дитячої психології та педагогіки.

Іншою проблемою є забезпечення доступу до якісних ресурсів. Успіх адаптивного навчання значною мірою залежить від наявності належного контенту. Проте пошук і адаптація матеріалів для початкової школи можуть займати багато часу та вимагати значних зусиль від викладачів. Це також ускладнюється необхідністю знайти баланс між розважальними елементами і освітнім змістом, щоб утримувати увагу дітей.

Не менш важливим є питання готовності педагогів до змін. Реалізація адаптивних програм передбачає відхід від традиційних методів викладання, що може бути складним завданням [10]. Учителям необхідно освоїти нові платформи, вивчити функціонування алгоритмів і навчитися інтегрувати їх у повсякденний навчальний процес. Без належної підготовки педагогів ефективність таких програм значно знижується.

Для учнів адаптивне навчання також створює свої виклики. Молодші школярі часто вимагають додаткової мотивації, щоб зберігати інтерес до матеріалу. Алгоритми адаптивного навчання можуть обмежувати швидкість переходу між рівнями, якщо діти не досягають необхідного прогресу. Це може викликати у них розчарування та зниження мотивації. Крім того,

важливо забезпечити, щоб діти не відчували себе «заручниками» системи, де їхній прогрес залежить лише від цифрового аналізу, а не від особистісного контакту з учителем.

Перевантаження даними є ще одним викликом. Програми адаптивного навчання генерують великий обсяг інформації про прогрес кожного учня. Для педагогів це може стати надмірним навантаженням, оскільки аналіз даних потребує значного часу та специфічних знань. У разі неправильного тлумачення отриманої інформації результати можуть бути неефективними.

Адаптивне навчання також не є універсальним рішенням. Деякі предмети або типи класів можуть бути менш придатними для цього підходу через складність адаптації контенту або неефективність алгоритмів у вирішенні певних задач. Наприклад, уроки, що вимагають високого рівня взаємодії та емоційного залучення, можуть бути важко інтегровані в цифрове середовище.

Основні аспекти, які слід враховувати:

- зміцнення дослідницької бази: розширення наукових досліджень у сфері адаптивного навчання, зокрема для молодших школярів;
- підтримка педагогів: організація тренінгів і курсів для підвищення кваліфікації вчителів;
- психологічний комфорт: інтеграція механізмів для підтримки мотивації дітей, зокрема через ігрові елементи;
- захист даних: забезпечення конфіденційності інформації про учнів;
- індивідуальний підхід поєднання адаптивного навчання з традиційними методами для досягнення найкращих результатів.

1.4.2 Робота з дітьми в умовах адаптивного навчання

У роботі з учнями початкових класів адаптивне навчання має враховувати специфічні особливості дитячої психіки та пізнавальних процесів. Одним із ключових завдань є збереження мотивації до навчання. Молодші школярі швидко втрачають інтерес, якщо завдання здаються їм надто складними або, навпаки, занадто простими. Системи адаптивного навчання, використовуючи штучний інтелект, можуть забезпечити баланс, пропонуючи матеріал відповідного рівня складності. Це не лише підтримує інтерес до навчання, але й сприяє формуванню впевненості у власних силах.

Контроль знань є ще одним важливим аспектом. Адаптивні системи дозволяють регулярно оцінювати прогрес учня, надаючи вчителям і батькам детальну інформацію про досягнення та труднощі. Завдяки цьому можна своєчасно виявляти прогалини у знаннях і оперативно їх усувати. Такий підхід забезпечує індивідуальний підхід до навчання, враховуючи особливості кожної дитини.

Особливу увагу слід приділяти психологічному стану учнів. Для молодших школярів навчання має бути не лише ефективним, але й комфортним. Наприклад, інтеграція ігрових елементів у навчальний процес сприяє зниженню стресу та підвищенню зацікавленості. Також важливо забезпечити регулярний контакт із вчителем, навіть у цифровому форматі, щоб діти відчували підтримку та увагу.

1.4.3 Перспективи вдосконалення адаптивного навчання

Для подолання обмежень адаптивного навчання необхідно впроваджувати комплексні підходи. Наприклад, поєднання цифрових інструментів із традиційними методиками може забезпечити баланс між інноваціями та живим спілкуванням. Крім того, державна підтримка у вигляді фінансування освітніх проєктів і забезпечення шкіл сучасним

обладнанням дозволить зробити адаптивне навчання доступним для більшої кількості учнів.

Не менш важливим є питання етичного використання даних. Освітні платформи повинні відповідати найвищим стандартам безпеки, щоб захистити персональні дані учнів. Залучення батьків до обговорення і впровадження адаптивних технологій допоможе знизити рівень недовіри та сприятиме створенню прозорого освітнього середовища.

Таким чином, адаптивне навчання відкриває нові можливості для індивідуалізації навчального процесу, але вимагає ретельного врахування технологічних, соціальних і психологічних аспектів, щоб забезпечити успішне впровадження в початкову освіту.

1.5 Огляд існуючих платформ і інструментів для дистанційного навчання для школярів молодших класів

Дистанційне навчання стало невід'ємною частиною сучасної освіти, зокрема для школярів молодших класів. З появою нових цифрових платформ і технологій ця форма навчання відкрила широкі можливості для індивідуалізації освітнього процесу. У центрі уваги опинилися адаптивні підходи, які дозволяють враховувати індивідуальні особливості учнів і максимально пристосовувати навчальні матеріали до їхніх потреб. Такі методики не лише забезпечують гнучкість, а й сприяють активному залученню дітей до навчання, стимулюючи їхню цікавість і мотивацію.

Існує багато різновидів адаптивного навчання, які відрізняються за ступенем інтерактивності, рівнем індивідуалізації та технологічним підходом. У молодших класах використовуються як класичні методи, орієнтовані на підкріплення базових знань, так і сучасні цифрові інструменти, які поєднують гейміфікацію, інтерактивність і візуальні засоби. Основна мета таких платформ – створення сприятливого

середовища, де кожен учень може навчатися у власному темпі, зберігаючи при цьому інтерес до навчального матеріалу.

Серед сучасних інструментів можна виділити кілька ключових платформ, таких як Duolingo, Quizlet та Coursera. Вони демонструють різні підходи до організації дистанційного навчання. Наприклад, Duolingo спеціалізується на вивченні мов і використовує адаптивні алгоритми для підбору завдань, які відповідають рівню знань користувача. Quizlet зосереджений на інтерактивному запам'ятовуванні інформації через картки та ігри, а Coursera пропонує глибокий академічний контент для старших учнів та вчителів.

Для молодших школярів особливе значення мають платформи, які враховують вікові та психологічні особливості дітей. Це стосується як дизайну завдань, так і способів подачі матеріалу. У наступному розділі ми більш детально розглянемо, як такі платформи, зокрема Duolingo, Quizlet і Coursera, можуть бути адаптовані для початкової освіти з урахуванням можливостей штучного інтелекту. Також буде проаналізовано, як ці інструменти сприяють розвитку індивідуалізованого підходу в умовах сучасної школи.

1.5.1 Інтерактивне запам'ятовування та ігровий підхід: особливості платформи Quizlet

Quizlet – це інноваційний інструмент для організації навчального процесу, що значно перевершує традиційні методи роботи з картками [11]. Платформа дозволяє створювати яскраві, зручні для використання навчальні набори, як вручну через браузер, так і шляхом імпорту вже готових документів. Окрім того, користувачі можуть скористатися відкритими бібліотеками з тисячами готових навчальних матеріалів.

Набори можна редагувати, адаптувати до індивідуальних потреб і ділитися ними з іншими. Опрацьовувати матеріал можна через різні

інтерактивні функції, такі як перегляд карток, відповіді на тестові запитання або ігри, що роблять процес навчання цікавим і динамічним.

Quizlet також підтримує командні змагання у форматі вікторин. Учні чи студенти змагаються в реальному часі, намагаючись якомога швидше та правильніше виконати завдання (рисунок 1.2). Для участі потрібен лише комп'ютер або смартфон із доступом до Інтернету [12].

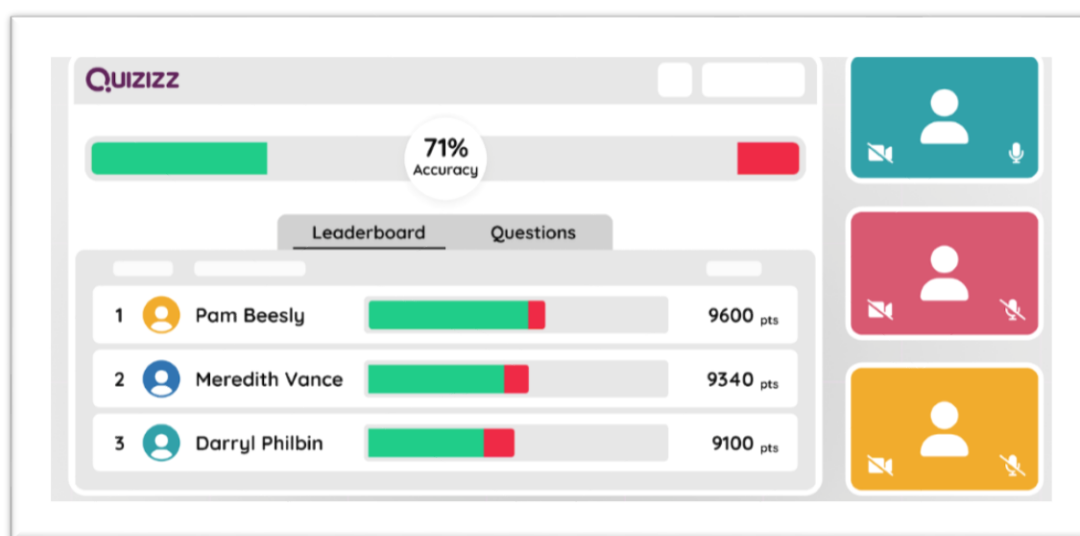


Рисунок 1.2 – Аналіз успішності для груп учнів в платформа навчання Quizlet

Можливості використання Quizlet охоплює широкий спектр навчальних дисциплін, що робить його універсальним інструментом для учнів різного віку:

- мови: розширення словникового запасу, вивчення граматичних конструкцій та мовних зворотів;
- спеціалізована термінологія: опрацювання професійних термінів у таких галузях, як медицина, право чи технічні науки;
- історія: запам'ятовування подій, дат і видатних постатей;
- математика: освоєння формул, основних понять та математичних термінів;

- природничі науки: вивчення хімічних реакцій, законів фізики чи географічних фактів;
- гуманітарні дисципліни: літературні терміни, філософські концепти та культурологічні явища;
- підготовка до іспитів: використання платформ для підготовки до тестів, таких як TOEFL, IELTS чи GRE.

Використання Quizlet у навчанні молодших класів має як свої переваги, так і недоліки, які слід враховувати під час інтеграції цієї платформи в освітній процес. Одним із головних плюсів Quizlet є його доступність і простота використання. Платформа забезпечує учням можливість опрацьовувати навчальні матеріали в інтерактивному середовищі, що сприяє підвищенню їхньої зацікавленості у навчанні. Завдяки гейміфікації та різноманітності завдань, таких як флеш-картки, вікторини та навчальні ігри, учні можуть активно залучатися до навчального процесу. Крім того, Quizlet дозволяє вчителям створювати власні набори завдань і ділитися ними з учнями, що полегшує персоналізацію контенту та забезпечує зручний доступ до матеріалів.

Проте використання Quizlet у молодших класах має і свої обмеження. Одним із ключових мінусів є відсутність адаптивності навчального процесу. Платформа не використовує алгоритмів штучного інтелекту для динамічного підлаштування контенту під рівень знань чи темп навчання кожного учня. Це означає, що всі учасники отримують однаковий доступ до матеріалів, незалежно від їхніх індивідуальних потреб чи складнощів у навчанні. Такий підхід може бути недостатньо ефективним для учнів, які потребують додаткової підтримки або спеціалізованих завдань для закріплення знань.

Ще одним недоліком є обмеження у варіативності типів завдань. Quizlet здебільшого орієнтований на заучування термінів і фактів, що може бути недостатнім для розвитку критичного мислення чи творчих навичок. Для молодших школярів важливо не лише запам'ятовувати інформацію, але

й розвивати вміння її аналізувати та застосовувати. Платформа також не передбачає інтеграції комплексних навчальних методик, таких як проєктна діяльність або інтерактивні симуляції.

Крім того, Quizlet не забезпечує контролю за прогресом учнів у реальному часі. Це створює труднощі для вчителів, які прагнуть відстежувати досягнення кожного учня та оперативно реагувати на їхні труднощі. Платформа також не пропонує інструментів для оцінювання чи надання персоналізованого зворотного зв'язку, що знижує її ефективність у порівнянні з адаптивними системами навчання, які активно використовують штучний інтелект.

Таким чином, Quizlet є корисним інструментом для інтерактивного навчання та підготовки до тестів, проте його обмеження в адаптивності, варіативності завдань і функціоналі оцінювання вимагають доповнення іншими освітніми технологіями для забезпечення комплексного підходу до навчання молодших школярів.

1.5.2 Поглиблене навчання та академічний контент: використання Coursera в освіті молодших школярів

Coursera – це глобальна освітня платформа, яка надає доступ до курсів від понад 200 провідних університетів та організацій. Вона пропонує широкий спектр навчальних програм, переважно англійською мовою, які сприяють професійному та особистісному розвитку. Курси на Coursera вирізняються якісним викладанням, яке забезпечують висококваліфіковані викладачі та організатори. Контент спрямований на практичне застосування знань і розроблений так, щоб бути доступним і цікавим навіть для тих, хто раніше не мав досвіду навчання в подібному середовищі.

Coursera охоплює широкий спектр тем, спрямованих на розвиток професійних і академічних навичок (рисунок 1.3). Зокрема, платформа зосереджується на бізнесі, аналізі даних, інформатиці, веб-розробці, охороні

здоров'я, вивченні мов, маркетингу, особистісному розвитку та кар'єрному зростанні. Це робить Coursera потужним інструментом для професійної перепідготовки та отримання знань у сфері, що відповідає актуальним викликам ринку праці.

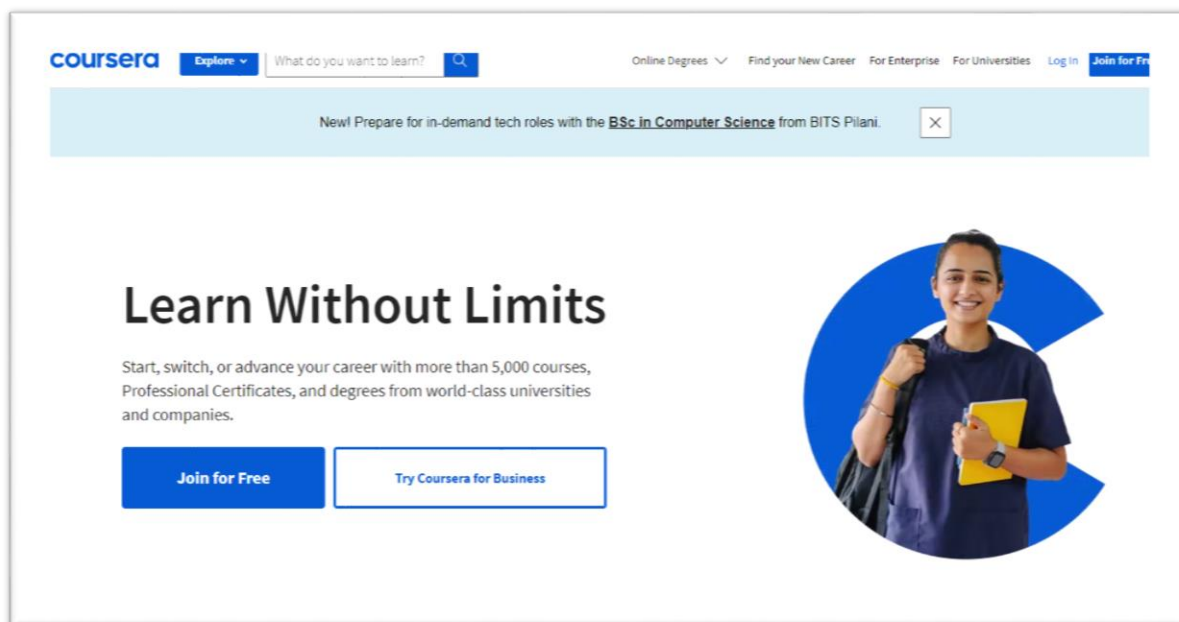


Рисунок 1.3 – Платформа навчання Coursera

Курси на платформі мають чітку структуру, яка спрямована на поступове та глибоке засвоєння матеріалу. Навчання розбите на модулі, кожен з яких містить відеолекції, інтерактивні завдання, тести та додаткові ресурси для самостійного опрацювання. Учасники отримують доступ до матеріалів, які можна вивчати у власному темпі, а також мають можливість взаємодіяти з іншими студентами та викладачами через форуми. Це забезпечує багатогранний підхід до навчання, де поєднується теорія, практика та обговорення [15].

Coursera в першу чергу орієнтована на старшокласників, студентів університетів і дорослих, які прагнуть підвищити свою кваліфікацію або отримати нову професію. Вона пропонує глибокий академічний контент і професійні програми, які більше підходять для дорослих учнів. Для

молодших школярів платформа менш ефективна через складність матеріалів і відсутність інтерактивних елементів, адаптованих до вікових особливостей дітей.

Основною проблемою використання Coursera для молодших школярів є відсутність адаптивності, яка враховувала б індивідуальні потреби дитини в реальному часі. На платформі немає механізмів, які могли б аналізувати прогрес учня та автоматично адаптувати навчальний матеріал відповідно до його сильних і слабких сторін. Такий підхід, що ґрунтується на технологіях штучного інтелекту, міг би значно підвищити ефективність навчання, але Coursera не забезпечує подібних функцій.

Крім того, більшість курсів на Coursera розраховані на самостійне навчання, що може бути складним для молодших школярів без активної участі батьків або вчителів. Молодші учні потребують більше уваги, мотивації та інтерактивних способів подачі інформації, які допомагають їм підтримувати інтерес до навчання. На жаль, Coursera не пропонує інструментів для інтерактивної взаємодії або механізмів, які могли б залучати дітей до процесу через ігрові елементи чи змагання.

Ще одним мінусом є відсутність гейміфікації, яка є ключовим інструментом для залучення дітей до навчання. Завдання, які використовуються на платформі, мають здебільшого академічний характер і не враховують вікові особливості молодших школярів. Курси також не спрямовані на розвиток соціальних навичок та командної роботи, що є важливим компонентом навчання у початковій школі.

Таким чином, Coursera є чудовою платформою для старших учнів, студентів університетів та дорослих, які хочуть підвищити свою кваліфікацію або опанувати нову професію. Проте для навчання молодших школярів необхідні інструменти, які забезпечують адаптацію навчального контенту до їхніх індивідуальних потреб, інтерактивність, гейміфікацію та залучення до спільної роботи. Coursera, на жаль, не надає подібних

можливостей, що робить її менш ефективною для вирішення задач, пов'язаних із навчанням дітей молодшого віку.

1.5.3 Адаптивне вивчення: аналіз можливостей платформи Duolingo

Duolingo – це інтерактивна освітня платформа, яка орієнтована на вивчення мов і доступна людям у всьому світі (рисунок 1.4). Головною особливістю Duolingo є модель freemium, яка дозволяє користувачам безкоштовно користуватися базовими функціями платформи [16]. Водночас преміум-підписка Super Duolingo надає доступ до таких функцій, як офлайн-режим, уроки без реклами та розширений контроль прогресу. Завдяки цьому підходу компанія досягає значного доходу, одночасно забезпечуючи доступність для широкої аудиторії.



Рисунок 1.4 – Платформа вивчення мов Duolingo

Платформа з моменту свого запуску в 2011 році здобула неймовірну популярність, маючи понад 500 мільйонів завантажень у всьому світі. Вона приваблює різноманітну аудиторію: студентів, професіоналів, мандрівників і всіх, хто прагне покращити свої навички. Простий інтерфейс і можливість

налаштування навчання під індивідуальні потреби зробили Duolingo одним із найпопулярніших ресурсів для вивчення мов.

Duolingo не обмежується лише мовами. Нещодавно платформа розширила свою функціональність, додаючи курси з математики та навіть основ музики (рисунок 1.5). Математичні уроки включають інтерактивні вправи для розвитку базових навичок рахування, арифметики та розв'язання задач. Вони пропонують завдання, які поступово ускладнюються, щоб забезпечити прогрес у навчанні. Уроки музики, у свою чергу, знайомлять користувачів із основами нотної грамоти, ритму та мелодійної побудови. Використовуючи інтерактивні завдання, платформа дозволяє практикувати прості музичні вправи, що сприяє розвитку слуху та координації.

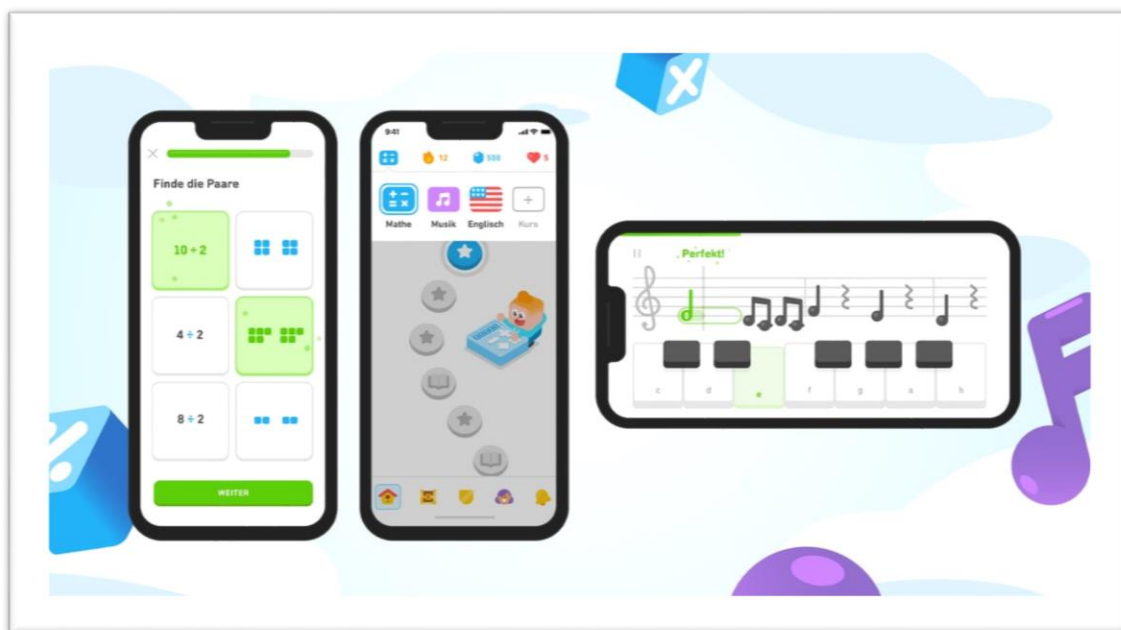


Рисунок 1.5 – Вивчання математики, мов та музики за допомогою Duolingo

У сфері вивчення мов Duolingo пропонує понад 40 мов, включаючи найпоширеніші світові, такі як англійська, українська, французька та німецька, а також менш відомі мови. Платформа використовує гейміфікований підхід до навчання, щоб зробити процес цікавим і

захоплюючим. Користувачі проходять уроки, які включають вправи на розширення словникового запасу, граматику та розвиток навичок спілкування. Вправи подаються у формі коротких завдань, що дозволяє зручно інтегрувати навчання у щоденний розклад.

Одним із ключових елементів Duolingo є використання гейміфікації. Користувачів мотивують списки лідерів, значки та смуги прогресу, що допомагає підтримувати їхню активність на платформі (рисунок 1.6). Проте цей підхід недостатньо ефективний для учнів молодших класів, адже діти потребують більш адаптивних і персоналізованих завдань, які не лише відповідають їхньому рівню, але й враховують їхні вікові та психологічні особливості. Вправи повинні бути наповнені інтерактивними іграми, які б утримували увагу дітей і сприяли глибшому зануренню у навчальний матеріал.

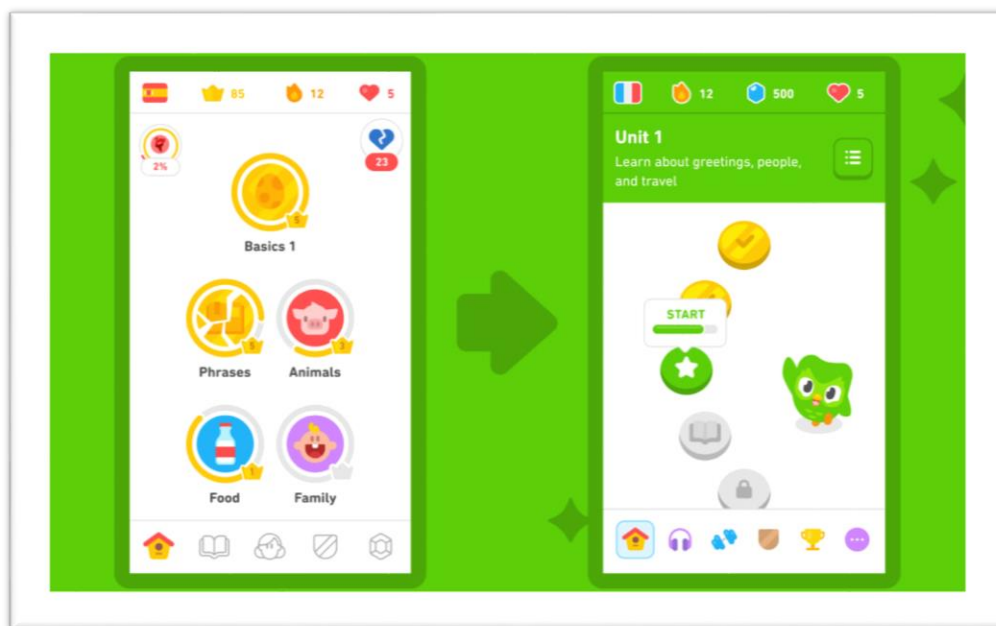


Рисунок 1.6 – Використання гейміфікації в Duolingo

Технологічна платформа Duolingo використовує дані та алгоритми машинного навчання, щоб персоналізувати процес навчання. Уроки підлаштовуються під прогрес користувача, а рівень складності регулюється

залежно від результативності виконання завдань. Такий підхід забезпечує поступове навчання, яке відповідає можливостям користувача. Однак для дітей цей рівень адаптації є недостатнім. Учням молодших класів необхідно більше залучення через ігрові механіки, які б викликали зацікавленість і підтримували концентрацію. Навчання має бути не лише інформативним, а й наповненим викликами та інтерактивними елементами, які сприяють кращому сприйняттю інформації.

Попри ці недоліки, Duolingo залишається потужною платформою, яка має свої переваги завдяки гнучкості, доступності та інтерактивному підходу до навчання. Але для учнів молодшого віку необхідна глибша адаптація завдань і підходів, щоб забезпечити повноцінний розвиток у процесі навчання.

1.6 Обґрунтування актуальності дослідження та постановка задачі

Сучасний світ переживає період технологічного прориву, і сфера освіти не є винятком. Використання штучного інтелекту (ШІ) у навчанні відкриває нові горизонти для підвищення ефективності освітнього процесу, особливо у початковій школі, де формуються базові навички та пізнавальні компетенції учнів. Україна, перебуваючи на шляху впровадження сучасних освітніх технологій, має унікальну можливість скористатися цими інноваціями для створення адаптивного навчального середовища, яке враховуватиме індивідуальні потреби кожного учня. Це дослідження є актуальним і важливим не лише для нашої країни, але й для всього світу.

Основна проблема традиційного підходу до навчання полягає в його односторонності. Викладачі змушені працювати з групами учнів за єдиним планом, який не завжди враховує індивідуальні темпи засвоєння матеріалу, рівень підготовки та особистісні особливості кожної дитини. У результаті деякі учні можуть відчувати себе перевантаженими, інші – недооціненими, а мотивація до навчання поступово знижується. Використання штучного

інтелекту у створенні адаптивних платформ дозволяє вирішити цю проблему, забезпечуючи персоналізований підхід до кожного учня.

Актуальність розробки нових платформ із використанням методів ШІ зумовлена їхньою здатністю аналізувати великий обсяг даних про навчальний процес. Це включає оцінювання рівня знань учнів, моніторинг їхнього прогресу та виявлення слабких місць у розумінні матеріалу. Такий підхід дозволяє не лише надавати учням завдання відповідної складності, але й створювати програми навчання, які будуть максимально ефективними та цікавими для кожної дитини. Особливо це важливо у початкових класах, де навчальний процес має бути одночасно інформативним, інтерактивним та ігровим.

На глобальному рівні впровадження ШІ у навчання молодших школярів здатне змінити підхід до формування освітніх програм. Аналіз існуючих рішень у цій галузі демонструє, що такі технології не лише підвищують ефективність навчання, але й роблять його більш інклюзивним. Вони дозволяють враховувати потреби дітей із різним рівнем підготовки, включаючи учнів із особливими освітніми потребами. Таким чином, впровадження адаптивних систем навчання сприяє створенню більш рівних умов для всіх учнів, незалежно від їхніх здібностей або обставин.

Для України це дослідження є особливо актуальним, оскільки освітня система країни переживає період реформ і прагне інтеграції до сучасних світових стандартів. В умовах воєнного стану та дистанційного навчання багато дітей втратили можливість отримувати якісну освіту через відсутність індивідуального підходу. Розробка платформ нового покоління з використанням ШІ дозволить забезпечити доступ до якісного навчання навіть у складних умовах. Це стане важливим внеском у відновлення та розвиток освітньої системи країни, а також допоможе підготувати майбутнє покоління до викликів сучасного світу.

Варто зазначити, що адаптивні системи навчання не тільки сприяють покращенню академічних результатів, але й позитивно впливають на

психологічний стан учнів. Використання індивідуалізованих підходів знижує рівень стресу, сприяє розвитку впевненості в собі та заохочує дітей до активної участі у навчальному процесі. Інтеграція таких платформ у початковій школі створює нову якість освіти, яка відповідає викликам сьогодення.

Отже, дослідження використання методів штучного інтелекту в адаптивному навчанні молодших школярів є не лише інноваційним, але й надзвичайно важливим. Воно має потенціал змінити освітню систему України та стати прикладом для інших країн, які прагнуть покращити якість початкової освіти за допомогою новітніх технологій.

Таким чином, метою даної роботи є створення адаптивної системи навчання для початкової школи з використанням методів штучного інтелекту, яка сприятиме покращенню навчального процесу, забезпечуючи індивідуалізований підхід до кожного учня. Система повинна враховувати різний рівень підготовки школярів, їхні навчальні потреби та особливості, дозволяючи підвищити якість освіти та сформувати позитивний досвід навчання.

Для досягнення поставленої мети у межах кваліфікаційної роботи виконуються наступні завдання:

- огляд джерел літератури, які висвітлюють проблеми адаптивного навчання, впровадження штучного інтелекту в освітній процес, а також специфіку роботи з учнями початкових класів;
- порівняльна оцінка існуючих рішень у сфері адаптивного навчання та визначення їхніх сильних і слабких сторін;
- аналіз методів і алгоритмів штучного інтелекту, які можуть бути використані для створення системи навчання, та їхнього потенціалу для покращення ефективності освіти;
- розробка структури та функціоналу адаптивної системи, яка включає базу даних, веб-застосунок для учнів і модуль штучного інтелекту для аналізу даних і персоналізації навчального контенту;

- проведення експериментального тестування розробленої системи з вибіркою учнів початкової школи, аналіз її ефективності та користувацького досвіду;

- розробка рекомендацій щодо впровадження адаптивної системи в освітню практику з урахуванням особливостей шкільної освіти в Україні.

Реалізація зазначених завдань дозволить комплексно підійти до розв'язання проблеми індивідуалізації навчання в початковій школі. Очікується, що результати роботи стануть основою для впровадження сучасних технологій у навчальний процес, сприятимуть покращенню академічних результатів учнів, їхньої мотивації та задоволення від навчання.

2 МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АДАПТИВНОМУ НАВЧАННІ

Використання штучного інтелекту (ШІ) в адаптивному навчанні значно трансформує підходи до освіти, пропонуючи можливості для персоналізації навчального процесу. Основною метою таких систем є створення індивідуального навчального маршруту, який відповідає потребам та інтересам кожного учня. Для досягнення цієї мети ШІ аналізує широкий спектр даних, включаючи педагогічний контент, можливі шляхи засвоєння знань і профіль учня, що містить інформацію про його здібності, стиль навчання та інтереси [17].

Адаптивні системи навчання (рисунк 2.1) використовують три ключові етапи: ідентифікацію, адаптацію та оцінку [18]. На етапі ідентифікації система аналізує профіль учня, зокрема його стиль навчання, інтереси та попередній рівень знань. Цей етап є фундаментом, адже на основі отриманих даних створюється концептуальна карта, яка визначає основні елементи, що мають бути засвоєні.



Рисунок 2.1 – Концепція моделі адаптивності

Наступним етапом є адаптація, під час якої ШІ генерує персоналізовані навчальні траєкторії. Ці траєкторії враховують як сильні сторони, так і слабкі місця учня, забезпечуючи ефективний і послідовний підхід до навчання. ШІ дозволяє гнучко змінювати маршрут навчання залежно від прогресу, забезпечуючи баланс між складністю завдань і досяжністю результатів [19].

Етап оцінки передбачає перевірку результатів навчання. За допомогою алгоритмів машинного навчання система аналізує прогрес учня, визначає, наскільки ефективно були засвоєні ключові концепції, та пропонує корекційні завдання або додаткові пояснення, якщо це необхідно. Оцінка є важливою для динамічного коригування навчального процесу та забезпечення того, щоб кожен учень досягав оптимального результату.

2.1 Концепція та методика створення адаптивного навчання

Завдяки концепції адаптивного навчання учням пропонуються саме ті матеріали та методи, які найбільш ефективно сприяють їхньому особистісному розвитку та досягненню навчальних цілей. Рівень персоналізації може змінюватися залежно від різних аспектів:

- зміст навчання – адаптивне навчання забезпечує підбір матеріалів, які відповідають реальним потребам учня, враховуючи його рівень знань, слабкі сторони та прогалини у розумінні тем. Наприклад, системи аналізують успішність виконання завдань і пропонують додаткові вправи чи пояснення саме з тих тем, які викликають труднощі. Це дозволяє уникнути перевантаження зайвою інформацією та зосередитися на ключових аспектах навчання;

- навчальна траєкторія – сортування контенту та створення індивідуальних маршрутів навчання дає змогу ефективно адаптувати навчальний процес до потреб учня. Наприклад, дитина, яка краще засвоює візуальну інформацію, отримуватиме більше відеоматеріалів чи графіків,

тоді як для тих, хто віддає перевагу текстовому навчанню, система автоматично адаптує контент під цей формат. Такий підхід сприяє більшій зацікавленості та кращому засвоєнню знань;

– методика навчання – персоналізація навчальних методів передбачає вибір тих форматів, які найбільш відповідають індивідуальним особливостям учня (рисунок 2.2). Наприклад, інтерактивні симуляції, гейміфікація, групові чи індивідуальні проекти можуть бути інтегровані в процес навчання залежно від потреб учня. Це сприяє не лише підвищенню знань, але й розвитку критичного мислення, креативності та комунікативних навичок.

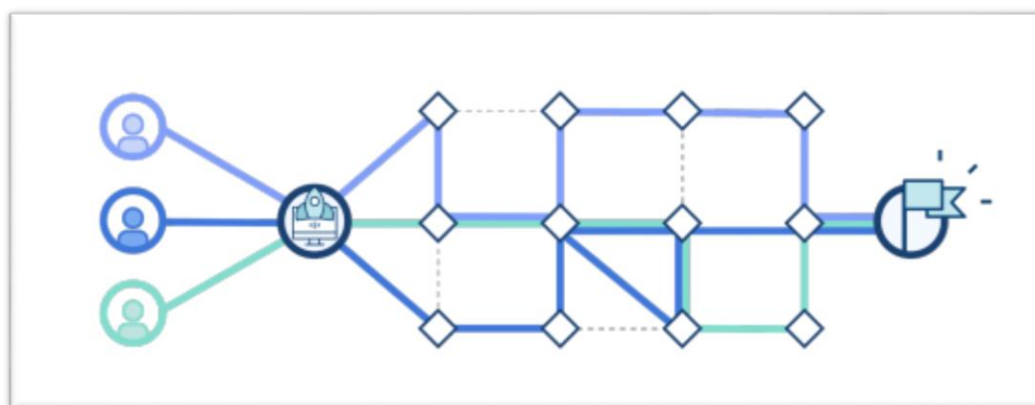


Рисунок 2.2 – Концепція адаптивного навчання для декількох учнів

Для забезпечення такої індивідуалізації використовуються спеціальні програмні рішення, які базуються на алгоритмах штучного інтелекту. Ці алгоритми аналізують прогрес кожного учня, пропонують завдання відповідного рівня складності та надають рекомендації для подальшого навчання.

Системи на основі штучного інтелекту сприяють ще більш ефективній реалізації адаптивного навчання у школах. Вони дозволяють не лише передавати знання, але й закріплювати їх у довгостроковій перспективі. Завдяки індивідуальній підтримці кожного учня, навчальний процес стає не

лише результативним, але й комфортним, що значно підвищує мотивацію до навчання та загальну успішність [20].

Цей підхід дозволяє формувати індивідуальні освітні траєкторії, що відповідають особливостям кожної дитини, а також забезпечує оптимальне середовище для розвитку навичок, необхідних у сучасному світі.

2.2 Механіка адаптивного навчання

Адаптивне навчання є новаторським підходом у сфері цифрової освіти, який змінює усталені підходи до навчання, створюючи гнучке та персоналізоване середовище. У його основі лежать три ключові компоненти: модель учня, модель предметної галузі та принципи адаптації навчального процесу, які взаємодіють завдяки сучасним технологіям штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання.

Модель учня виконує роль цифрового профілю (рисунок 2.3), що відображає знання, навички та уподобання кожного. Вона постійно вдосконалюється шляхом аналізу прогресу, що дозволяє системі підлаштовувати матеріали, завдання та темп навчання відповідно до індивідуальних потреб учня. Такий підхід допомагає виявляти слабкі місця та зосереджувати увагу саме на них, забезпечуючи ефективне засвоєння знань [21].

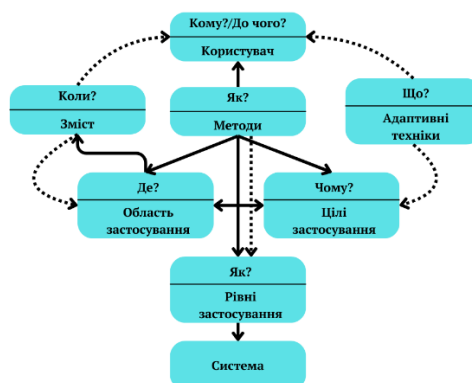


Рисунок 2.3 – Механізм адаптивного навчання

Модель предметної галузі забезпечує логічну структурування навчального матеріалу. Вона організовує контент у послідовні етапи, де кожна тема пов'язана з попередніми і наступними, що дозволяє учню поступово переходити від базового розуміння до складних концепцій. Завдяки такій структурі навчальний процес стає послідовним і зрозумілим.

Принципи адаптації навчання об'єднують моделі учня та предметної галузі, визначаючи, як має змінюватися процес залежно від прогресу та індивідуальних характеристик учня. Ці принципи враховують оптимальний час для введення нових тем, необхідність повторення матеріалу та способи подачі складних завдань. Таким чином, навчання базується на обґрунтованих педагогічних підходах, а не на випадкових змінах.

Штучний інтелект та машинне навчання виступають основними рушіями адаптивного навчання. Завдяки цим технологіям система здатна аналізувати великі обсяги даних, визначати закономірності та автоматично налаштовувати процес у реальному часі. ШІ надає своєчасні рекомендації, формує індивідуальні навчальні маршрути та забезпечує зворотний зв'язок, що значно підвищує ефективність і мотивацію учня.

Машинне навчання постійно вдосконалює адаптивні системи, роблячи їх більш точними у врахуванні потреб учнів. З кожною взаємодією система стає дедалі кращою, формуючи середовище, яке забезпечує не лише персоналізацію, а й прогресивний розвиток освітнього процесу.

Механізми адаптивного навчання поєднують складність технологічних рішень із прагненням до індивідуалізації освіти. Інтеграція моделей учня, предметної галузі та принципів адаптації, підкріплена технологіями ШІ, відкриває нові горизонти для персоналізованого навчання [22]. Адаптивний підхід стає ключовим елементом у формуванні освітніх систем майбутнього, створюючи ефективний та інклюзивний досвід для кожного учня.

2.3 Методи аналізу даних для адаптивного навчання

Сучасна освітня аналітика має значний потенціал для трансформації підходів до навчання, пропонуючи інструменти для індивідуалізації навчального процесу. Однак, її впровадження стикається з низкою викликів, які ускладнюють реалізацію ефективного адаптивного навчання [23]. Однією з основних проблем є інтеграція даних з різних джерел. Наприклад, аналітичні системи часто стикаються з труднощами у зведенні показників успішності учнів, що може призводити до помилок в інтерпретації результатів. У свою чергу, це обмежує здатність вчителів використовувати дані для прийняття обґрунтованих рішень і вдосконалення навчального процесу (рисунок 2.4) [24].



Рисунок 2.4 – Архітектура процесів послідовності адаптивного рішення навчання

Ще одним викликом є надмірність інформації. Вчителі часто перевантажені великою кількістю статистичних даних, що ускладнює аналіз

і прийняття оперативних рішень. Наприклад, платформи, які не мають чітких механізмів для автоматичного аналізу, перетворюють дані на громіздкі таблиці, що вимагають значного часу для опрацювання. Це особливо критично в початковій школі, де вчителі повинні одночасно приділяти увагу емоційним і академічним потребам дітей.

Окремим важливим аспектом є конфіденційність даних. Використання персональної інформації учнів для аналізу прогресу викликає занепокоєння серед батьків і громадськості. Відомі випадки, як-от реакція на використання аналітики в Каліфорнійському університеті, підкреслюють необхідність прозорості та етичності в управлінні даними. Забезпечення довіри до системи вимагає впровадження зрозумілих політик, які пояснюють, як дані збираються, обробляються і використовуються для покращення освітнього досвіду.

Реалізація ефективної адаптивної системи навчання потребує використання вдосконалених алгоритмів обробки даних, які здатні інтегрувати інформацію з різних джерел, зберігаючи її точність та релевантність. У цьому контексті важливим є аналіз таких даних, як попередні оцінки, швидкість засвоєння матеріалу, типові помилки, інтереси учня та навіть його емоційний стан під час виконання завдань. Ці дані допомагають створювати навчальні маршрути, що адаптуються до індивідуальних потреб учня в реальному часі.

Для вирішення проблем, пов'язаних із перенасиченням даними, можна застосовувати штучний інтелект і машинне навчання, які автоматизують аналіз і надають вчителям зрозумілі рекомендації щодо подальших кроків. Наприклад, система може пропонувати повторення певних тем або додаткові завдання для учнів, які мають труднощі з їх засвоєнням. Це допоможе мінімізувати навантаження на вчителів, дозволяючи їм більше зосередитися на взаємодії з дітьми.

Також важливо впроваджувати елементи зворотного зв'язку між учнями та системою. Наприклад, інтерфейс може надавати учням

можливість оцінювати рівень складності завдань або виражати свої побажання щодо тем, які їм цікаві. Це не лише допоможе створити комфортне середовище для навчання, але й сприятиме підвищенню мотивації дітей.

Таким чином, використання аналітики даних для адаптивного навчання має значний потенціал, проте вимагає ретельного планування і впровадження для вирішення питань інтеграції даних, конфіденційності та ефективності. Лише комплексний підхід дозволить створити систему, яка стане ефективним інструментом для покращення освіти, зокрема в початковій школі.

3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТА ПІДХОДУ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

На даному етапі дослідження зроблено первинну розробку основної структури адаптивної системи навчання для учнів початкових класів, де необхідно враховувати індивідуальні особливості учнів та забезпечувати ефективне засвоєння матеріалу в доступній і зрозумілій формі. У рамках цього дослідження буде розроблена модель адаптивної системи навчання, яка базується на використанні методів штучного інтелекту для аналізу помилок, оцінки прогресу учнів та персоналізації навчального контенту.

Запропонована модель покликана не лише автоматизувати процес відбору завдань, але й враховувати статистику помилок і переваги окремих учнів. Це забезпечує адаптацію навчального процесу до рівня знань кожного учня, стимулює розвиток їхніх навичок та сприяє закріпленню вивченого матеріалу. Розроблений підхід спрямований на інтеграцію традиційних методів навчання з технологіями штучного інтелекту, що дозволяє створити інтерактивну та ефективну навчальну систему, яка відповідає сучасним вимогам початкової освіти.

3.1 Визначення вимог до адаптивної системи навчання учнів початкової школи

Система повинна сприяти створенню комфортного та сприятливого середовища для учнів, де навчання стає не лише ефективним, але й цікавим процесом. Вона має враховувати вікові особливості дітей, наприклад, короткий час концентрації уваги, та пропонувати завдання у форматі, який сприяє збереженню зацікавленості, наприклад, через використання ігрових елементів та позитивного підкріплення.

Однією з ключових нетехнічних вимог є інтеграція системи в навчальний процес із урахуванням сучасних освітніх стандартів та програм. Важливо, щоб система відповідала педагогічним цілям і підтримувала

співпрацю між учнем, учителем і батьками. Вона має забезпечувати прозору систему звітності про прогрес учня, щоб полегшити моніторинг успішності з боку дорослих та дати змогу оперативно коригувати навчальний процес.

Адаптивна система навчання для початкової школи також повинна автоматично фіксувати помилки учня в навчальних завданнях, класифікувати їх за типом (наприклад в математиці, додавання, віднімання, множення чи ділення) та форматом (задача, рівняння, стовпчик або картки). Це дозволить формувати базу даних, яка стане основою для аналізу прогресу учня та розробки рекомендацій.

Крім того, система має надавати завдання для повторення тем, у яких учень допускає найбільше помилок, водночас поступово вводячи нові теми з огляду на успішність виконання попередніх завдань. Інтерфейс має бути зрозумілим і зручним для дітей, з використанням візуальних елементів, які полегшують взаємодію, наприклад, анімованих персонажів, що супроводжують учня в процесі навчання.

Для ефективної реалізації адаптивної системи також важливо забезпечити її інтеграцію з сучасними інформаційними технологіями, зокрема базами даних і методами штучного інтелекту, які дозволяють не лише фіксувати, але й аналізувати поведінкові та навчальні патерни учня. Це допоможе створити систему, яка сприяє глибокому засвоєнню знань та підтримує мотивацію учня протягом усього навчального процесу.

3.2 Використання гейміфікації та штучного інтелекту в навчанні молодших школярів

Стрімкий розвиток комп'ютерних технологій за останні півстоліття докорінно змінив світ, але прогрес продовжує набирати обертів. Сучасні технології, такі як штучний інтелект і гейміфікація, стають невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, а їх інтеграція в освітній процес відкриває нові горизонти. Гейміфікація – це концепція, яка поєднує ігрові

механіки з освітніми завданнями, стимулюючи зацікавленість, мотивацію та залученість учнів до навчання [25].

Гейміфікація полягає у впровадженні ігрових елементів, таких як система балів, значки, лідерборди, завдання та винагороди, у неігрові процеси, зокрема в освіту. Її головна мета – використовувати природне прагнення людини до досягнень, змагань і винагород для формування більш захопливого та ефективного навчального середовища. У початкових класах, де учні лише починають пізнавати основи навчання, гейміфікація може стати інструментом, що допомагає створити середовище, яке одночасно є цікавим, інтерактивним і спрямованим на досягнення конкретних результатів.

Для молодших школярів найбільш ефективними видами гейміфікації є ті, що поєднують елементи гри з навчальними цілями. Наприклад, використання завдань у формі пригодницьких квестів може стимулювати учнів до вивчення матеріалу, де виконання кожного завдання наближає їх до завершення історії (рисунок 3.1) [26]. Інтерактивні вікторини, в яких учні можуть змагатися за найвищі бали або досягати особистих рекордів, сприяють не лише навчанню, а й розвитку здорового змагального духу. Також популярними є ігрові платформи, які дають змогу заробляти винагороди, наприклад віртуальні монети або значки, що додають елементи досягнення і заохочують регулярну участь у навчальному процесі.



Рисунок 3.1 – Варіанти гейміфікації у поєднанні з інтелектуальними системами в навчанні

Додатково, гейміфікація може включати соціальну взаємодію, де учні працюють у командах для досягнення спільної мети, як-от розв'язання задачі чи створення спільного проєкту. Це допомагає розвивати комунікативні навички та вміння працювати в групі, що є важливими для їхнього соціального розвитку.

Разом із численними перевагами гейміфікації існують і певні виклики. Одним із мінусів є ризик надмірної захопленості ігровими елементами, коли учні концентруються на винагородах, а не на навчальному матеріалі. Щоб уникнути цього, важливо створювати такі системи гейміфікації, де винагорода напряму пов'язана з успіхом у навчанні. Наприклад, учень отримує додаткові бали не лише за участь, але й за правильність виконання завдань, що стимулює якісне засвоєння матеріалу.

Іншою проблемою є можливість відчуття невдачі у дітей, які не досягають високих результатів у змаганнях. Щоб зменшити цей ризик, можна впроваджувати елементи співпраці, де успіх залежить від внеску кожного учасника команди, а також забезпечити різноманітність завдань, які дозволять кожному учневі знайти свою сильну сторону.

Таким чином, гейміфікація у поєднанні зі штучним інтелектом здатна не лише зробити навчання цікавим і продуктивним, а й сприяти формуванню у дітей позитивного ставлення до освітнього процесу. Збалансований підхід до використання ігрових елементів та їх інтеграція з навчальними цілями забезпечують не лише глибше засвоєння матеріалу, але й розвиток у дітей навичок, які будуть корисними їм у майбутньому.

3.3 Оцінка ефективності наявних методів адаптивного навчання з гейміфікацією для навчання

Адаптивне навчання у поєднанні з гейміфікацією є однією з найінноваційніших практик сучасної освіти, спрямованої на персоналізацію навчального процесу. Цей підхід передбачає використання даних про учнів

для створення індивідуальних освітніх маршрутів та інтеграцію елементів гри для підвищення мотивації. Хоча це поєднання вимагає складної реалізації, уже є численні приклади успішного використання таких технологій.

Однією з ключових проблем у гейміфікації є відсутність довгострокової відповідності цілей учнів, що може призвести до втрати мотивації. Машинне навчання стає важливим інструментом для подолання цієї проблеми, забезпечуючи персоналізацію ігрових елементів для підтримки зацікавленості учнів на тривалий період. Використання алгоритмів штучного інтелекту дозволяє прогнозувати поведінку учнів під час виконання завдань, що відкриває можливості для динамічної адаптації навчального процесу та покращення результатів.

Дослідження підтверджують ефективність адаптивного навчання з гейміфікацією. Наприклад, компанія Knewton, що спеціалізується на освітніх технологіях, успішно використовує алгоритми для аналізу даних учнів і створення індивідуалізованих навчальних планів. Згідно з результатами компанії, показники успішності учнів, які навчаються за адаптивними методами, зросли на 20% у порівнянні з традиційними підходами (Knewton, 2019). Цей приклад демонструє потенціал використання аналізу даних для підвищення якості освіти.

У корпоративному навчанні такі компанії, як IBM, впроваджують адаптивні методи для розвитку співробітників. Використовуючи Watson, компанія змогла скоротити час навчання на 30% і значно підвищити показники збереження знань. Такий досвід свідчить про ефективність використання даних для створення персоналізованих навчальних маршрутів, що забезпечують оптимізацію процесу засвоєння матеріалу.

У контексті початкової школи адаптивне навчання з гейміфікацією здатне стати потужним інструментом для розвитку учнів. Молодші школярі мають обмежену здатність до концентрації, тому інтеграція ігрових елементів у навчання сприяє утриманню їхньої уваги. Наприклад, створення

навчальних платформ, які надають завдання у вигляді пригод, конкурсів чи вікторин, дозволяє поєднати навчання із задоволенням. Важливим аспектом є адаптація завдань залежно від прогресу дитини, щоб підтримувати баланс між викликом і досяжністю.

Водночас гейміфікація має свої виклики, особливо у навчанні молодших класів. Деякі учні можуть концентруватися більше на ігрових елементах, ніж на навчальному матеріалі. Це потребує ретельного проектування систем, де винагороди за виконання завдань будуть напряду пов'язані з прогресом у навчанні. Крім того, необхідно враховувати психологічні аспекти, забезпечуючи, щоб конкуренція не перетворювалася на фактор стресу, а стимулювала розвиток.

Використання таких платформ у початкових класах вже демонструє значний успіх. Наприклад, адаптивні платформи, подібні до Classcraft, які використовуються у США, показали, що інтеграція гейміфікації та адаптивного навчання підвищує залученість учнів на 60% (Classcraft, 2021). Це свідчить про їхній значний потенціал у сучасній освіті.

Таким чином, адаптивне навчання з гейміфікацією не лише стимулює інтерес учнів, але й дозволяє значно покращити результати навчання. Проте для досягнення максимальної ефективності необхідно вдосконалювати технології персоналізації, забезпечувати їх відповідність віковим особливостям дітей та мінімізувати ризики, пов'язані з їхньою реалізацією.

3.4 Архітектура та функціональні можливості розробленої системи

Розробка адаптивної системи навчання здійснюється у формі веб-застосунку з використанням мови програмування Python та фреймворка Flask. Python обрано як основний інструмент через його надійність, простоту у використанні та широкий спектр бібліотек, необхідних для інтеграції штучного інтелекту в освітній процес. Зокрема, стабільна версія Python 3.11.1 була обрана для забезпечення максимальної сумісності з

бібліотеками та фреймворками, а також для мінімізації можливих технічних проблем при розробці.

Фреймворк Flask використовується для створення серверної частини веб-застосунку. Його легка структура та мінімалістичний підхід дозволяють швидко реалізувати інтерактивні функції, такі як аналіз прогресу учнів, персоналізація завдань та збереження результатів у базі даних. Python забезпечує просту інтеграцію з Flask, що робить його ідеальним вибором для розробки такого роду застосунків.

HTML, CSS та JavaScript використовуються для реалізації клієнтської частини системи. HTML забезпечує структуру сторінок, CSS відповідає за оформлення і зручний інтерфейс, тоді як JavaScript додає інтерактивність, наприклад, у вигляді динамічних кнопок і адаптивного відображення завдань залежно від потреб учня. Це поєднання інструментів забезпечує баланс між продуктивністю, зручністю використання та технологічною гнучкістю, що є критично важливим для системи, яка орієнтована на різноманіття користувачів і потребує високого рівня персоналізації.

3.4.1 Організація баз даних для системи адаптивного навчання

У розробленій системі також використовується база даних для збереження та управління навчальними даними. База даних слугує ключовим компонентом, який забезпечує структуроване збереження інформації про учнів, їхні результати, прогрес, помилки у виконанні завдань та типи завдань, що були виконані. Такий підхід дозволяє створювати індивідуальні навчальні траєкторії, базуючись на аналізі минулих досягнень і помилок учнів (рисунок 3.2).

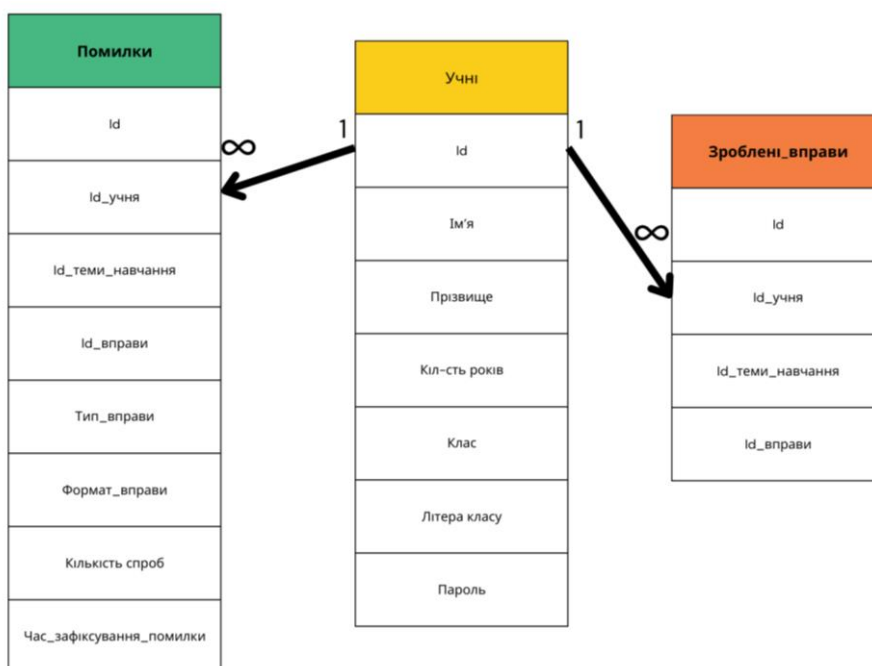


Рисунок 3.2 – Схема таблиць бази даних для збереження інформації про учнів, виконані завдання та помилки

Для зберігання даних були визначені кілька основних таблиць, включаючи таблицю учнів, таблицю завершених завдань та таблицю помилок. Таблиця завершених завдань фіксує, які вправи були виконані кожним учнем, а також статус їхнього виконання. Таблиця помилок зберігає інформацію про часті помилки, типи завдань та формат подачі, що дозволяє ефективно адаптувати наступні завдання до потреб кожного користувача. Така організація даних не лише спрощує управління, але й забезпечує точність персоналізації навчального процесу.

Таблиця students (рисунок 3.3) зберігає основну інформацію про учнів, які зареєстровані у системі адаптивного навчання. Її головною метою є забезпечення унікальної ідентифікації кожного учня та створення бази для персоналізації навчального контенту. Записи в таблиці включають такі атрибути, як ім'я, прізвище, по батькові, вік, клас, букву класу, а також хешований пароль для безпечної авторизації.

	id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT	first_name TEXT NOT NULL	last_name TEXT NOT NULL	middle_name TEXT NOT NULL	age INTEGER NOT NULL	grade TEXT NOT NULL	class_letter TEXT NOT NULL	password TEXT NOT NULL
1	1	Мія	Мазур	Олегівна	10	4	A	pbkdf2:sha1:1000000...
2	3	Іван	Іванов	Іванович	12	4	C	pbkdf2:sha1:1000000...
3	4	Тарас	Шевченко	Станиславович	11	4	A	pbkdf2:sha1:1000000...
4	5	Григорій	Сковорода	Мазурович	12	4	A	pbkdf2:sha1:1000000...
5	6	Лія	Мороз	Тарасівна	12	4	A	pbkdf2:sha1:1000000...
6	7	Олексій	Мазур	Назарович	11	4	B	pbkdf2:sha1:1000000...

Рисунок 3.3 – Таблиця students

Унікальний ідентифікатор учня (id) генерується автоматично при створенні нового запису. Цей ідентифікатор дозволяє зв'язувати інформацію з іншими таблицями бази даних, такими як прогрес виконання завдань чи помилки. Атрибути first_name, last_name та middle_name відповідають за особисту інформацію, тоді як age, grade і class_letter визначають освітній рівень та групу учня. Атрибут password використовується для зберігання хешу пароля, що гарантує безпеку даних при авторизації.

Дані до таблиці потрапляють під час реєстрації учня у системі. Коли учень створює акаунт, зазначена інформація зберігається в базі даних для подальшого використання системою. Таким чином, таблиця є відправною точкою для початку роботи учня в адаптивному середовищі.

Інформація з таблиці students використовується на різних етапах взаємодії із системою. Зокрема, вона застосовується під час авторизації для перевірки логіна та пароля. Крім того, ці дані забезпечують індивідуальне налаштування навчального контенту, відповідного до віку, класу чи рівня знань учня. Завдяки структурованому зберіганню інформації ця таблиця дозволяє системі ефективно взаємодіяти з іншими модулями, такими як аналіз помилок і персоналізація навчального матеріалу.

Таблиця completed_exercises (рисунок 3.4) забезпечує збереження інформації про виконані учнями завдання в системі адаптивного навчання. Вона дозволяє фіксувати прогрес кожного учня, що є важливим для

індивідуалізації навчального процесу та побудови персоналізованих траєкторій навчання.

	<code>id</code> INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT	<code>user_id</code> INTEGER NOT NULL UNIQUE	<code>topic_id</code> INTEGER NOT NULL UNIQUE	<code>exercise_id</code> INTEGER NOT NULL UNIQUE
1	5	1	1	1
2	6	4	1	4
3	7	5	1	3
4	8	5	1	5
5	9	6	1	7
6	10	6	1	6
7	11	6	1	11
8	12	6	1	13
9	13	6	1	16
10	14	6	1	9
11	15	6	1	18
12	16	7	1	1
13	17	7	1	3
14	18	7	1	5
15	19	7	1	7

Рисунок 3.4 – Таблиця `completed_exercises`

Ключовими атрибутами таблиці є:

- `id` (INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT): унікальний ідентифікатор запису, який генерується автоматично для кожного рядка в таблиці;
- `user_id` (INTEGER NOT NULL): ідентифікатор учня, який завершив завдання. Цей атрибут зв'язаний із таблицею `students`, що дозволяє ідентифікувати конкретного користувача системи;
- `topic_id` (INTEGER NOT NULL): ідентифікатор теми, до якої належить виконане завдання. Це забезпечує систематизацію вправ за навчальними темами;
- `exercise_id` (INTEGER NOT NULL): ідентифікатор конкретної вправи, виконаної учнем. Цей параметр дозволяє точно визначити завершене завдання.

Дані в таблицю додаються автоматично після успішного виконання учнем вправи. Під час запису фіксуються ідентифікатор учня, тема завдання та його номер, що дозволяє уникнути повторного проходження вже виконаних вправ.

Інформація з таблиці `completed_exercises` використовується для адаптації навчального процесу. Система визначає, які завдання були виконані, та виключає їх із переліку доступних для виконання. Це дозволяє зосередитися на нових чи складніших завданнях, а також пропонувати повторення тих тем, які потребують додаткового опрацювання. Окрім цього, дані таблиці застосовуються для відображення прогресу учнів у веб-застосунку, наприклад, через позначення виконаних завдань як недоступних для повторного проходження. Таким чином, таблиця `completed_exercises` є ключовим елементом системи, який підтримує її адаптивність, зберігаючи індивідуальний підхід до кожного учня.

Таблиця `errors` (рисунок 3.5) призначена для збереження інформації про помилки, допущені учнями під час виконання завдань у системі адаптивного навчання. Ця таблиця є важливим компонентом системи, оскільки дозволяє аналізувати слабкі сторони кожного учня, відстежувати їх прогрес та вдосконалювати процес навчання на основі отриманих даних.

id	user_id	topic_id	exercise_id	task_type	task_format	attempts	timestamp
1	4	1	4	addition	cards	1	2025-01-07 18:55:22
2	5	1	3	subtraction	cards	1	2025-01-07 18:57:01
3	6	1	11	division	equation	1	2025-01-07 21:59:25
4	6	1	11	division	equation	1	2025-01-07 21:59:44
5	6	1	13	division	cards	1	2025-01-07 22:05:12
6	6	1	13	division	cards	1	2025-01-07 22:05:18
7	6	1	13	division	cards	1	2025-01-07 22:05:20
8	6	1	16	multiplication	problem	1	2025-01-07 22:09:27
9	6	1	9	addition	column	1	2025-01-07 22:14:51
10	6	1	9	addition	column	1	2025-01-07 22:14:53
11	6	1	9	addition	column	1	2025-01-07 22:14:55
12	6	1	9	addition	column	1	2025-01-07 22:14:57
13	6	1	9	addition	column	1	2025-01-07 22:14:58
14	6	1	9	addition	column	1	2025-01-07 22:14:58
15	6	1	9	addition	column	1	2025-01-07 22:14:58

Рисунок 3.5 – Таблиця errors

Ключовими полями таблиці є `user_id`, `topic_id`, `exercise_id`, які зв'язують конкретну помилку з учнем, темою навчання та конкретною вправою. Це дозволяє чітко ідентифікувати, в якому завданні та з якої теми виникли складнощі. Поля `task_type` і `task_format` містять інформацію про тип завдання (додавання, віднімання тощо) та його формат (картки, рівняння, задача чи стовпчик). Крім цього, таблиця містить поле `attempts`, яке вказує кількість спроб, здійснених учнем для виконання завдання, та поле `timestamp`, що фіксує точний час допущення помилки. Це дозволяє вести хронологію роботи учня в системі, аналізувати динаміку його навчання та оцінювати ефективність індивідуальних траєкторій.

Дані цієї таблиці заносяться автоматично, коли учень допускає помилку під час виконання завдання. Вони активно використовуються для адаптації навчального процесу. Зокрема, на основі записів у цій таблиці система формує перелік завдань для повторення, приділяючи більше уваги темам, де було допущено найбільше помилок. Таким чином, таблиця `errors` виконує функцію аналітичного інструменту, що забезпечує персоналізацію навчального контенту.

Розробка баз даних у системі адаптивного навчання мала на меті забезпечити ефективне управління інформацією про учнів, їхні успіхи, помилки та прогрес у навчанні. Таблиці бази даних виконують різні функції: вони зберігають дані про зареєстрованих користувачів, їхні завершені вправи, типи завдань, а також деталі про помилки, допущені під час виконання завдань. Ця структура дозволяє системі не лише відстежувати навчальний процес кожного учня, а й адаптувати навчальний контент до їхніх індивідуальних потреб. Завдяки базам даних можна аналізувати слабкі сторони учнів, пропонувати їм завдання для повторення або більш складні теми, сприяючи глибшому засвоєнню матеріалу. Таким чином, бази даних стали фундаментом для забезпечення персоналізації навчального процесу та оптимізації роботи системи в цілому.

3.4.2 Створення алгоритму персоналізації навчального процесу

Адаптивне навчання є сучасним інструментом, який надає можливість значно вдосконалити освітній процес, зробивши його більш орієнтованим на потреби кожного учня. У початковій школі, де діти лише починають знайомитися з основами знань і формувати свої перші академічні навички, важливо створити комфортне середовище, яке підтримує їхнє пізнавальне зацікавлення. Персоналізація навчання спрямована не лише на досягнення високих академічних результатів, але й на формування позитивного ставлення до освітнього процесу, що є критично важливим для подальшого розвитку учня.

Індивідуалізований підхід, який є основою адаптивного навчання, базується на детальному аналізі даних про кожного учня. Такі системи використовують алгоритми, які аналізують попередні успіхи, типові помилки та швидкість засвоєння нової інформації [27]. Це дозволяє створити динамічний маршрут навчання, який може коригуватися в реальному часі залежно від прогресу учня. Крім того, адаптивні системи часто враховують емоційний стан дітей, зменшуючи стрес і тривожність через складні або незрозумілі завдання, замінюючи їх більш доступними та зрозумілими матеріалами.

Одним із ключових елементів адаптивного навчання є врахування когнітивних та психологічних особливостей учнів. Система не лише реагує на помилки, але й пропонує підказки, що допомагають дитині краще зрозуміти навчальний матеріал. Це сприяє підвищенню впевненості учнів у своїх силах і стимулює їхнє прагнення до самостійного вирішення завдань.

Першим етапом є створення профілю учня (рисунок 3.6). Система збирає дані про рівень знань, стиль навчання, інтереси та особливості сприйняття інформації. Це можуть бути результати попередніх тестів, інформація від учителя або самостійні оцінки учня. Ці дані є основою для подальшого визначення оптимального шляху навчання.

```

1 class AdaptiveLearningSystem:
2     def __init__(self):
3         self.students = {} # Зберігання профілів учнів
4         self.learning_content = [] # Навчальний контент
5         self.learning_paths = {} # Індивідуальні шляхи навчання
6
7     def add_student(self, student_id, profile):
8         # Додати профіль учня до системи
9         self.students[student_id] = {
10             "profile": profile,
11             "progress": {},
12             "current_path": None
13         }
14
15     def add_content(self, content):
16         # Додати навчальний контент
17         self.learning_content.append(content)
18
19     def generate_learning_path(self, student_id):
20         # Генерація навчального шляху на основі профілю учня
21         profile = self.students[student_id]["profile"]
22         path = []
23         for content in self.learning_content:
24             if content["difficulty"] <= profile["level"]:
25                 path.append(content)
26         self.students[student_id]["current_path"] = path
27

```

Рисунок 3.6 – Архітектура першого етапу створення адаптивного рішення навчання для молодших класів

Наступним етапом є аналіз навчального контенту. Уся наявна база матеріалів структурується за рівнем складності, типом завдань та тематикою. Це дозволяє системі зіставляти профіль учня з контентом, який найбільше відповідає його потребам. Наприклад, якщо учень має середній рівень знань із математики, система запропонує йому завдання, які відповідають цьому рівню, а не ті, які є надто легкими або занадто складними.

На основі аналізу профілю та контенту виконується генерація навчального шляху (рисунок 3.7). Система створює персоналізовану траєкторію, яка враховує темп навчання учня, його прогрес та необхідність повторення складних тем. Кожен учень отримує індивідуальну послідовність завдань, яка оптимізує його навчання.

```

27
28     def evaluate_progress(self, student_id, completed_content):
29         # Оцінка прогресу учня
30         self.students[student_id]["progress"][completed_content["id"]] = completed_content["score"]
31         if completed_content["score"] < 50:
32             self.revise_content(student_id, completed_content)
33
34     def revise_content(self, student_id, content):
35         # Перегляд складного матеріалу
36         print(f"Учню {student_id} потрібно переглянути матеріал: {content['id']}")
37
38     def recommend_next_step(self, student_id):
39         # Рекомендація наступного кроку
40         path = self.students[student_id]["current_path"]
41         for content in path:
42             if content["id"] not in self.students[student_id]["progress"]:
43                 return content
44         return None
45

```

Рисунок 3.7 – Архітектура другого етапу створення адаптивного рішення навчання для молодших класів

У процесі навчання система моніторить прогрес учня. Після завершення кожного завдання вона аналізує результати, визначаючи, наскільки добре учень засвоїв матеріал. Якщо учень не досяг достатнього рівня успішності, система пропонує переглянути матеріал, змінює складність завдань або вводить додаткові пояснення. Таким чином, алгоритм реагує на слабкі місця та адаптує навчальний процес у реальному часі.

Заключний етап – оцінка ефективності навчання. Система підсумовує результати, визначає загальний прогрес та пропонує наступні кроки. Це може бути рекомендація більш складного матеріалу або повернення до попередніх тем для глибшого опрацювання.

Ключовим елементом цього алгоритму є адаптивність. Система постійно аналізує дані про учня та його результати, використовуючи алгоритми штучного інтелекту для оптимізації навчального процесу. Це дозволяє кожному учню навчатися у своєму темпі, отримуючи завдання, які відповідають його потребам і забезпечують поступовий розвиток.

У контексті початкової школи такий алгоритм має велике значення. Молодші учні потребують більшої уваги до індивідуальних особливостей, інтерактивності та залучення. Технології адаптивного навчання дозволяють створити середовище, де кожна дитина отримує не лише знання, але й позитивний досвід, що мотивує до подальшого навчання.

Таким чином, алгоритм адаптивного навчання базується на персоналізації, моніторингу прогресу та динамічній адаптації, що робить його надзвичайно ефективним у початковій освіті.

3.4.3 Розробка та організація коду адаптивної системи навчання

У процесі розробки системи адаптивного навчання було реалізовано чітке структурування компонентів, що забезпечує логічний зв'язок між клієнтською та серверною частинами веб-додатка. Це дозволило досягти гнучкості в налаштуванні, ефективності в роботі системи та зручності в обслуговуванні. Усі ключові елементи, від відображення інтерфейсу користувача до обробки запитів і збереження даних, розподілені між файлами (рисунок 3.8) таким чином, щоб максимально спростити їхню інтеграцію та використання.

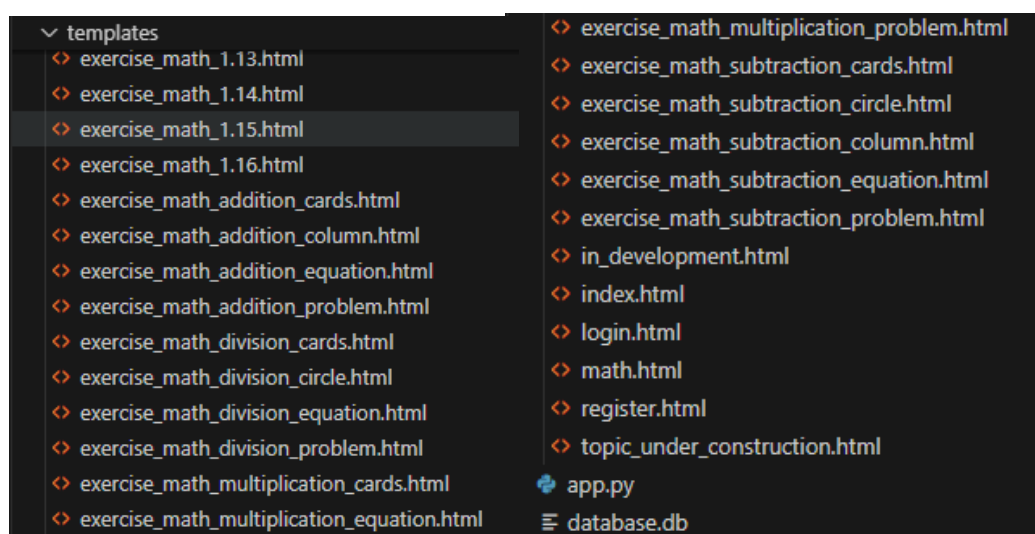


Рисунок 3.8 – Розташування ключових елементів коду за файлами

У директорії `templates` зосереджено основний обсяг розробленого коду, що забезпечує функціональність системи адаптивного навчання. Цей розділ містить HTML-файли, які відповідають за відображення сторінок веб-додатка. Серед них – сторінки для виконання завдань, включаючи різні типи математичних вправ, сторінка авторизації та реєстрації учня, а також головна сторінка для роботи з темами.

Окремо у файлі `app.py` розміщено серверну логіку, яка поєднує клієнтську частину з базами даних. Саме в цьому файлі налаштовані маршрути, що відповідають за обробку запитів від користувачів, а також забезпечено логіку роботи системи, зокрема авторизацію, запис результатів, аналіз помилок і персоналізацію завдань.

Файл `database.db` зберігає всю необхідну інформацію про учнів, прогрес виконання завдань та історію помилок, що є основою для аналізу й адаптації навчального процесу (рисунок 3.9). Така структура дозволяє ефективно розділити клієнтську й серверну частини, забезпечуючи зручність подальшої розробки та підтримки системи.

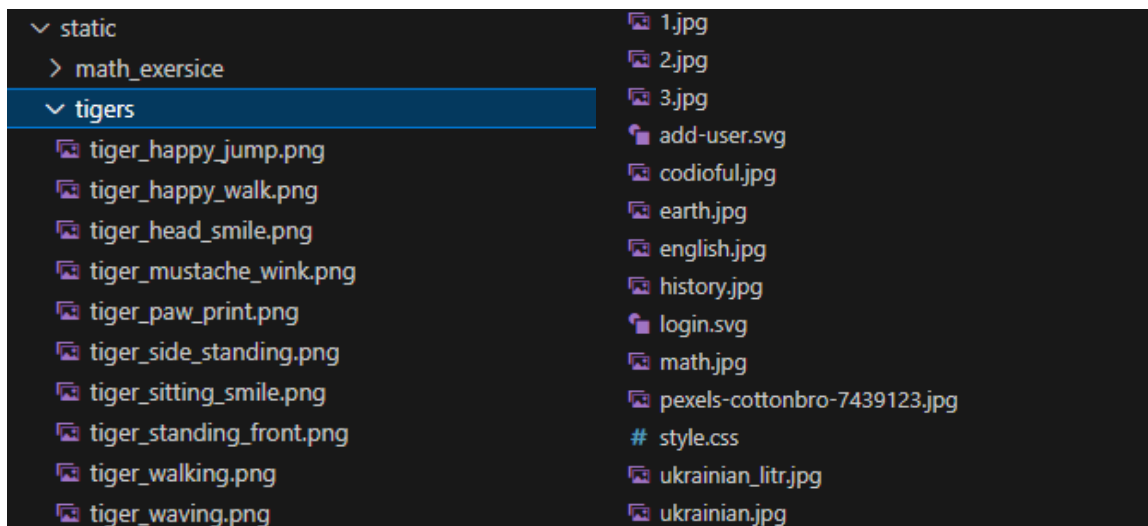


Рисунок 3.9 – Розташування ключових елементів коду за файлами

У процесі створення веб-застосунків важливим етапом є організація статичних ресурсів, які використовуються для забезпечення

функціональності та візуальної складової системи. До таких ресурсів належать зображення, файли стилів, шрифти, іконки та інші елементи, які залишаються незмінними під час виконання застосунку. Правильна структура та організація каталогу статичних файлів не лише сприяє зручності розробки й підтримки системи, але й забезпечує оптимізацію її роботи, дозволяючи швидко завантажувати необхідні елементи для користувачів.

Файл «static» у розробленій системі служить сховищем усіх статичних ресурсів, які забезпечують функціональність і візуальну складову веб-застосунку. У цьому каталозі розташовуються зображення, файли стилів, іконки та інші елементи, які не змінюються динамічно під час роботи системи. Особливу роль у папці «static» відіграє підпапка «tigers», яка містить серію ілюстрацій з персонажем Тигриком. Цей персонаж виконує ключову роль у візуалізації зворотного зв'язку між системою та учнями.

Ілюстрації у папці «tigers» створені з різними емоційними станами персонажа: радість, схвалення, задумливість або сум. Вони використовуються для надання емоційного зворотного зв'язку учням залежно від результатів їхньої роботи. Наприклад, усміхнений Тигрик з'являється після правильно виконаного завдання, мотивуючи продовжувати працювати, тоді як задумливий Тигрик закликає звернути увагу на помилки та спробувати ще раз. Завдяки цьому підхід поєднує навчальний процес із емоційною підтримкою, що особливо важливо для учнів початкової школи.

Роль таких ілюстрацій полягає не лише у покращенні естетики інтерфейсу, але й у створенні інтерактивного і мотивуючого навчального середовища. Використання персонажа дозволяє учням відчувати підтримку та зацікавленість, що значно підвищує їхню залученість у навчання. Тигрик стає своєрідним віртуальним наставником, який супроводжує учня на кожному етапі виконання завдань, роблячи навчання не лише корисним, а й цікавим.

Розроблена система адаптивного навчання для учнів початкової школи побудована з урахуванням сучасних технологій і методів штучного інтелекту, що дозволяють персоналізувати процес навчання для кожного учня. Її архітектура складається з кількох основних модулів: системи управління контентом, модуля аналітики прогресу учнів, бази даних для збереження результатів і помилок, а також адаптивного алгоритму, який визначає, які завдання повинні бути запропоновані кожному учню.

Функціональність системи охоплює автоматичний аналіз успішності виконання завдань, формування персоналізованих завдань залежно від виявлених слабких місць, а також надання прозорих звітів для учнів, вчителів та батьків. Крім того, система забезпечує різноманіття типів завдань (додавання, віднімання, множення, ділення) і форматів подання (картки, рівняння, задачі, стовпчики), що сприяє всебічному розвитку учнів і підтримує їхню зацікавленість у навчанні.

3.4.4 Візуальна складова та інтерфейс веб-застосунку

Візуальна складова та інтерфейс веб-застосунку відіграють ключову роль у забезпеченні зручності використання системи для учнів початкової школи. Відповідно до завдань дослідження, було розроблено інтуїтивний та привабливий дизайн, орієнтований на молодшу аудиторію. Особлива увага приділялася гармонійному поєднанню візуальних елементів і функціональності, щоб навчальний процес був не лише ефективним, але й цікавим для користувачів. Інтерфейс системи розроблено таким чином, щоб забезпечити легкість взаємодії навіть для дітей з мінімальним досвідом роботи з цифровими технологіями.

Для розробленого веб-застосунку було створено зручний інтерфейс, що відповідає віковим особливостям учнів початкової школи. Головна сторінка (рисунок 3.10) системи містить функціональні елементи для реєстрації та входу, що забезпечує індивідуальний доступ до навчального

контенту кожного учня. Додатково на сторінці представлені тематичні інформаційні блоки, які виконують роль статей, що пояснюють концепції адаптивного навчання та його переваги. Ця структура дозволяє зробити початок роботи із системою зрозумілим і зручним, створюючи позитивне враження для користувачів і мотивуючи їх до подальшого навчання.

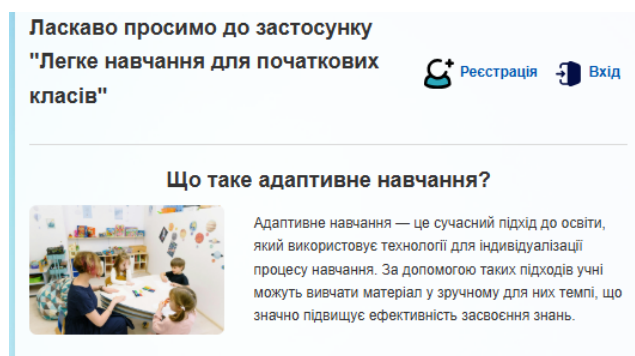


Рисунок 3.10 – Головна сторінка веб-застосунку

Також було створено сторінку для реєстрації учнів, що забезпечує індивідуальний доступ до системи. Форма реєстрації дозволяє користувачу ввести базову інформацію, таку як ім'я, прізвище, по батькові, вік, клас, буква класу та пароль (рисунок 3.11). Цей підхід сприяє створенню персоналізованого профілю кожного учня, що дозволяє системі адаптувати навчальний контент до індивідуальних потреб і характеристик.

Рисунок 3.11 – Сторінка реєстрації учня

Особливістю даного рішення є автоматичне збереження введених даних до бази даних. Це дозволяє уникнути дублювання інформації та забезпечує швидкий доступ до профілю учня під час авторизації чи аналізу його прогресу. Реєстрація учнів не лише спрощує доступ до системи, але й створює основу для інтелектуального аналізу даних, що сприяє реалізації адаптивного навчання.

У системі передбачена можливість авторизації для зареєстрованих учнів через спеціальну сторінку входу (рисунок 3.12). На даній сторінці учень має ввести своє ім'я, прізвище, по батькові та пароль, що були зазначені під час реєстрації. Такий підхід забезпечує персоналізований доступ до навчальної платформи, дозволяючи учням працювати в індивідуальному режимі.

Рисунок 3.12 – Сторінка авторизації учня

Функціонал авторизації реалізовано з використанням захищеного збереження даних у базі. Це гарантує надійність перевірки введених даних та забезпечує швидкий доступ до профілю учня. У разі успішного входу система перенаправляє користувача до його особистого кабінету, де

зберігається інформація про прогрес у навчанні та доступ до відповідних завдань (рисунок 3.13). Такий підхід сприяє ефективній роботі системи, зберігаючи індивідуальні налаштування та дані кожного учня.

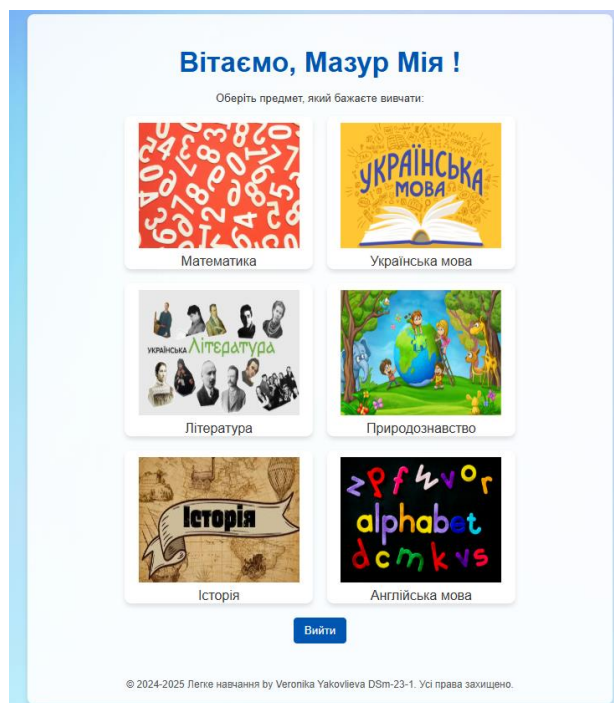


Рисунок 3.13 – Особистий кабінет учня та вибір предметів навчання

Для предмета математики 4-го класу було розроблено систему адаптивного навчання, яка враховує індивідуальні потреби кожного учня. Головний екран пропонує вибір між повторенням завдань і новими темами (рисунок 3.14), що дозволяє гнучко організувати навчальний процес. Візуальне оформлення, зокрема присутність персонажа тигрика, створює позитивну атмосферу для учнів та сприяє залученню до виконання вправ. Система автоматично адаптує навчальний матеріал відповідно до теми поточного навчання учня з обраних Повторення віднімання, додавання. «Множення та ділення. Дії у стовпчик», «Площа прямокутника», «Рівняння» та інші, які охоплюють ключові аспекти навчальної програми, використовуючи алгоритми штучного інтелекту для аналізу його результатів. Штучний інтелект оцінює успішність виконання завдань,

кількість помилок, а також час, витрачений на кожне завдання, для визначення рівня знань і прогалин у розумінні матеріалу.

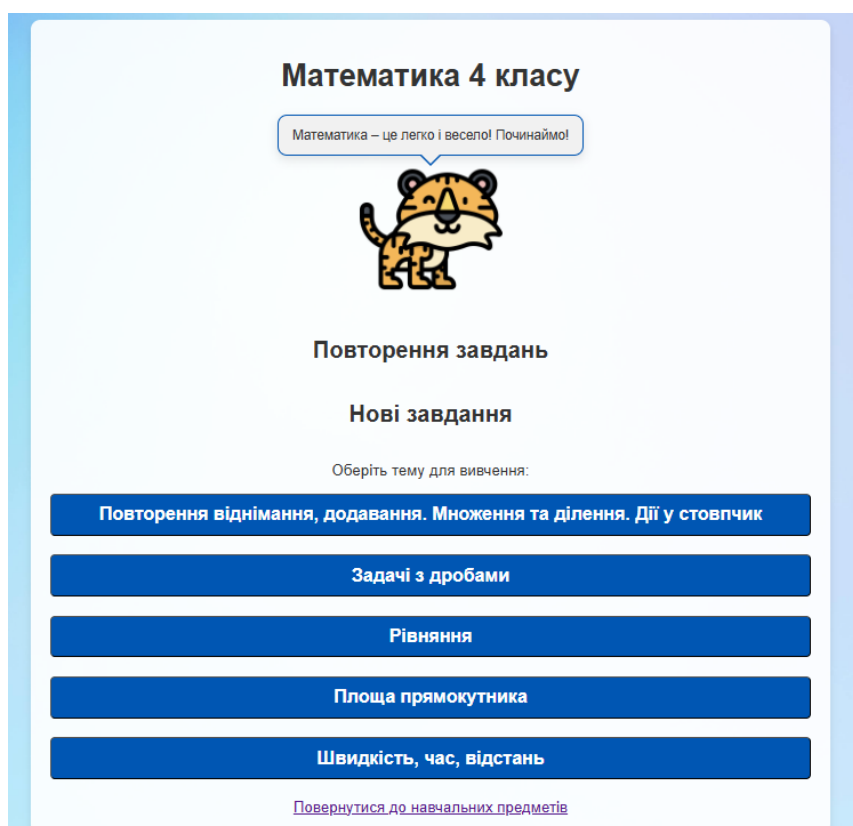


Рисунок 3.14 – Сторінка математики 4 класу з обранням тем

На основі отриманих даних система адаптує складність завдань, змінюючи їх відповідно до індивідуальних потреб учня. Наприклад, якщо учень демонструє високий рівень знань, йому пропонуються більш складні завдання для подальшого розвитку. Якщо ж спостерігаються труднощі, система надає завдання на закріплення базових знань із поясненнями або підказками.

Навчальні матеріали генеруються з урахуванням типу завдань: картки, рівняння, задачі чи інші формати (рисунок 3.15). Це забезпечує різноманітність підходів до навчання, що сприяє підвищенню інтересу учня та покращенню його академічних результатів. Такий підхід гарантує персоналізацію навчального процесу, створюючи комфортні умови для

засвоєння матеріалу, а також сприяє розвитку критичного мислення й самостійності.

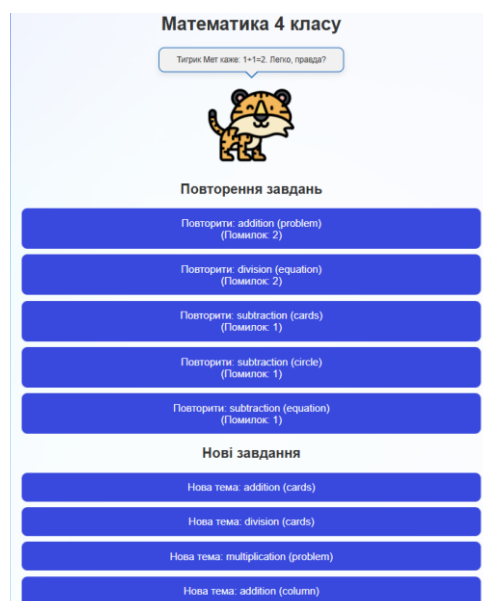


Рисунок 3.15 – Адаптаційне генерування нових завдань з залежністю від успіху учня

Було розроблено зручний інтерфейс вибору вправ, який забезпечує учнів чітко структурованим доступом до завдань у межах певної навчальної теми. Ця сторінка створена для теми «Повторення віднімання, додавання, множення та ділення. Дії у стовпчик» і дозволяє учням самостійно обирати завдання, відображаючи їх у зрозумілому форматі (рисунок 3.16).

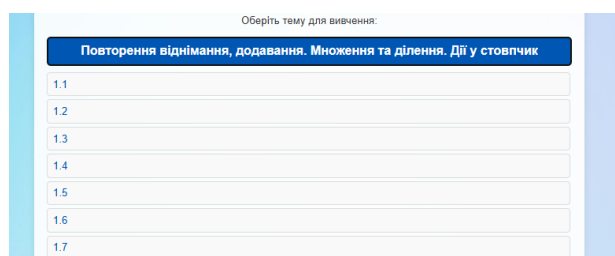
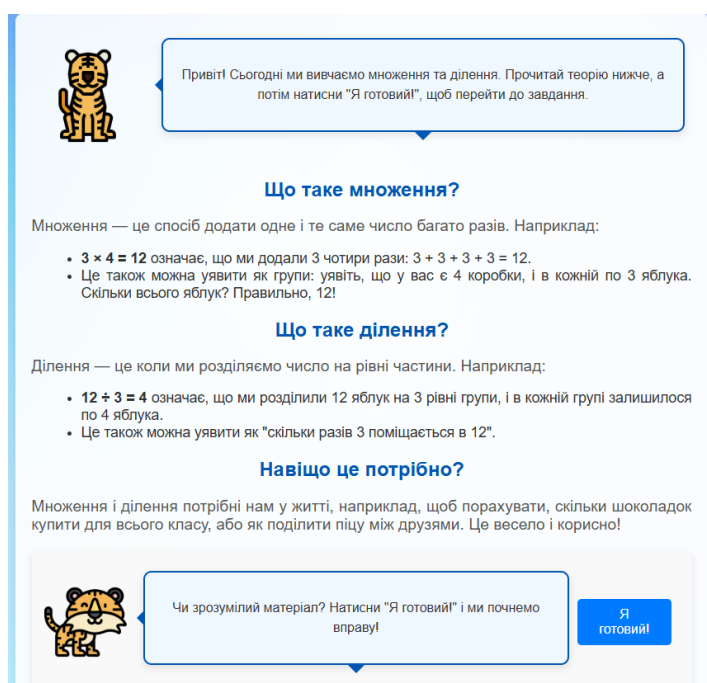


Рисунок 3.16 – Інтерфейс теми «Повторення віднімання, додавання, множення та ділення. Дії у стовпчик»

Розроблена система інтегрована з базою даних, яка зберігає інформацію про виконані завдання кожного учня. Вправи, які вже були успішно виконані, автоматично деактивуються та стають недоступними для повторного вибору, що запобігає дублюванню виконаних завдань і сприяє організованості процесу навчання. Такий підхід не лише полегшує навігацію учням, але й допомагає їм зосередитися на невиконаних завданнях, що сприяє поступовому засвоєнню матеріалу та персоналізації навчання.

Було розроблено теоретичні матеріали (рисунок 3.17), які виступають фундаментальною основою для успішного засвоєння учнями ключових математичних тем. Кожна сторінка навчального контенту супроводжується інтерактивним помічником – тигриком Метом, який у доступній формі пояснює матеріал, надає корисні поради та мотивує до навчання. Завдяки такому дружньому підходу, учні сприймають навчання не лише як обов'язок, але й як захопливий процес.



Привіт! Сьогодні ми вивчаємо множення та ділення. Прочитай теорію нижче, а потім натисни "Я готовий", щоб перейти до завдання.

Що таке множення?

Множення — це спосіб додати одне і те саме число багато разів. Наприклад:

- $3 \times 4 = 12$ означає, що ми додали 3 чотири рази: $3 + 3 + 3 + 3 = 12$.
- Це також можна уявити як групи: уявіть, що у вас є 4 коробки, і в кожній по 3 яблука. Скільки всього яблук? Правильно, 12!

Що таке ділення?

Ділення — це коли ми розділяємо число на рівні частини. Наприклад:

- $12 \div 3 = 4$ означає, що ми розділили 12 яблук на 3 рівні групи, і в кожній групі залишилося по 4 яблука.
- Це також можна уявити як "скільки разів 3 поміщається в 12".

Навіщо це потрібно?

Множення і ділення потрібні нам у житті, наприклад, щоб порахувати, скільки шоколадок купити для всього класу, або як поділити піцу між друзями. Це весело і корисно!

Чи зрозумілий матеріал? Натисни "Я готовий" і ми почнемо вправу!

Я готовий!

Рисунок 3.17 – Теоретичний матеріал

Використання візуальних персонажів, таких як тигрик Мет, сприяє створенню позитивної атмосфери під час навчання, що особливо важливо для молодших школярів. Цей підхід спрямований на те, щоб підвищити зацікавленість учнів, зробити процес навчання менш стресовим і водночас ефективним. Завдяки інтеграції теорії з інтерактивними елементами, учні не лише засвоюють матеріал, але й отримують навички практичного його застосування, що позитивно впливає на їхній прогрес у навчанні.

У межах розробленого веб-застосунку для адаптивного навчання початкової школи було створено різноманітні типи задач, які спрямовані на закріплення основних математичних навичок та підвищення інтересу учнів до навчання. Усі завдання мають інтерактивний характер і представлені у кількох форматах, таких як картки, парні завдання, кругові діаграми та текстові задачі, що дозволяє адаптувати процес навчання під потреби та рівень кожного учня (рисунок 3.18).

Рисунок 3.18 – Варіанти навчання та виконання задач для учня 4го класу в математиці

Кожне завдання відповідає певному типу математичних операцій: додавання, віднімання, множення або ділення. Наприклад, завдання у

вигляді «Знайди правильний варіант» містить декілька варіантів відповіді, з яких учень має вибрати правильний. Інше завдання, представлене у формі кругової діаграми, допомагає розвивати логічне мислення та візуальне сприйняття математичних проблем. Також текстові задачі, як-от «Оля вирішила зібрати друзів на пікнік», інтегрують реальні життєві ситуації у навчальний контекст, стимулюючи учня застосовувати математичні знання на практиці.

Кожен із типів завдань розроблений із врахуванням вікових особливостей учнів молодшої школи, їхніх когнітивних можливостей та рівня знань. Завдяки цьому система забезпечує не лише тренування базових математичних навичок, але й створює передумови для розвитку аналітичного мислення. Такий підхід дозволяє зробити навчання більш ефективним, а також забезпечити учнів необхідними знаннями для переходу до складніших тем у майбутньому.

У розробленій системі адаптивного навчання передбачено механізм реєстрації помилок учнів під час виконання завдань. Якщо учень дає неправильну відповідь, це автоматично фіксується у базі даних «errors» для конкретного учня. Така реєстрація дозволяє системі аналізувати типові помилки та адаптувати навчальний контент, враховуючи потреби і слабкі сторони учня. Це забезпечує персоналізований підхід до навчання, сприяє повторенню матеріалу, який викликав труднощі, і підвищує ефективність засвоєння знань.

Крім того, система включає інтерактивний елемент мотивації – повідомлення від тигрика Мета. Якщо завдання виконано невірно, тигрик заохочує учня спробувати ще раз, сприяючи формуванню наполегливості та впевненості у своїх силах. У разі успішного виконання усіх завдань з певної теми автоматично з'являється кнопка «Завершити вправу», яка дозволяє учневі завершити виконання теми (рисунок 3.19). Після цього відповідне завдання стає деактивованим у кабінеті навчання математики для цього конкретного учня, відзначаючи його прогрес. Такий підхід не лише заохочує

до досягнення поставлених цілей, але й організовує навчання чітко і системно.

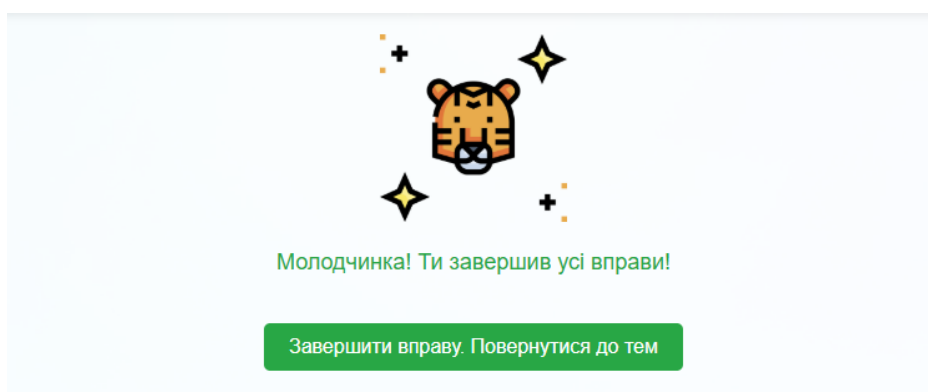


Рисунок 3.19 – Автоматична кнопка завершення вправи

Розроблена система адаптивного навчання демонструє важливість гнучкого підходу до процесу навчання, що враховує індивідуальні особливості учнів. Завдяки інтеграції механізмів фіксації помилок та успіхів кожного учня, платформа не лише мотивує до самостійного аналізу результатів, але й формує ефективний план подальшого навчання. Застосування таких інструментів дозволяє створити середовище, у якому учень не боїться помилок, а розглядає їх як частину навчального процесу.

Окрім цього, автоматизація завершення вправ та активація нових завдань гарантують прозорість і зручність навчального процесу, виключаючи потребу у втручанні викладача. Це підкреслює унікальність системи, яка поєднує у собі адаптивність, персоналізацію та інтерактивність, створюючи платформу, що сприяє не лише академічному прогресу, але й розвитку самостійності та відповідальності учнів у процесі навчання.

3.5 Алгоритм адаптації навчального контенту за допомогою застосування методів штучного інтелекту

Алгоритм адаптації навчального контенту, розроблений у межах цього проєкту, базується на інтеграції методів штучного інтелекту, що забезпечують персоналізацію навчального процесу. Основним елементом є аналіз даних про успішність учнів, які автоматично зберігаються в базі даних системи. Для кожного учня враховуються помилки, зроблені під час виконання завдань, час, витрачений на їх розв'язання, та кількість спроб. Це дозволяє побудувати індивідуальний профіль навчання, на основі якого система генерує рекомендації щодо повторення матеріалу або переходу до нових тем.

Штучний інтелект у цьому контексті виконує роль аналітичного механізму з циклічним процесом «збір даних – аналіз – рекомендації», що визначає, які завдання вимагають повторного виконання. У контексті адаптивної системи навчання найдоцільнішим алгоритмом є алгоритм класифікації та ранжування на основі Random Forest (рисунок 3.20) для визначення завдань, що потребують повторного виконання [28].



Рисунок 3.20 – Алгоритм класифікації та ранжування на основі Random Forest

Процес адаптації базується на аналізі історичних даних учня, включаючи:

- збір даних про навчальний процес. Система отримує інформацію про виконанні завдання, зокрема кількість правильних і неправильних відповідей, час виконання завдання, кількість спроб і тип завдання. Дані зберігаються в базі даних;

- попередня обробка даних. Зібрані дані проходять обробку: визначаються ключові показники, такі як середня успішність для кожного типу завдань, кількість помилок, типові помилки та час, необхідний для виконання кожного завдання;

- класифікація завдань. На основі оброблених даних алгоритм класифікації визначає завдання, які є «проблемними» для учня. Це завдання, які мають високий рівень помилок або значний час виконання;

- ранжування завдань. Алгоритм ранжування (наприклад, Gradient Boosting Trees) встановлює пріоритетність завдань для повторення або додаткового опрацювання. Завдання з найбільшою кількістю помилок отримують найвищий пріоритет;

- генерація адаптивного контенту. Використовуючи алгоритми рекомендацій, система підбирає навчальні матеріали або завдання, які найкраще відповідають виявленим потребам учня. Наприклад, учень, який часто помиляється у задачах на віднімання, отримає більше практичних завдань цього типу;

- оцінка прогресу та зворотний зв'язок. Система регулярно перевіряє успішність учня після кожної серії завдань, щоб оцінити, чи було досягнуто покращення. На основі нових даних алгоритм оновлює модель, забезпечуючи безперервну адаптацію.

Окрім аналізу помилок (рисунок 3.21), система використовує алгоритми прогнозування для визначення рівня готовності учня до освоєння складніших тем. Наприклад, якщо учень демонструє високу успішність у виконанні завдань певного типу, система активує нові завдання з тієї ж

категорії, поступово підвищуючи їхню складність. Це не лише розвиває навички учня, але й підтримує його інтерес до навчання, адже завдання залишаються достатньо складними, щоб викликати мотивацію, але не настільки, щоб спричинити фрустрацію.

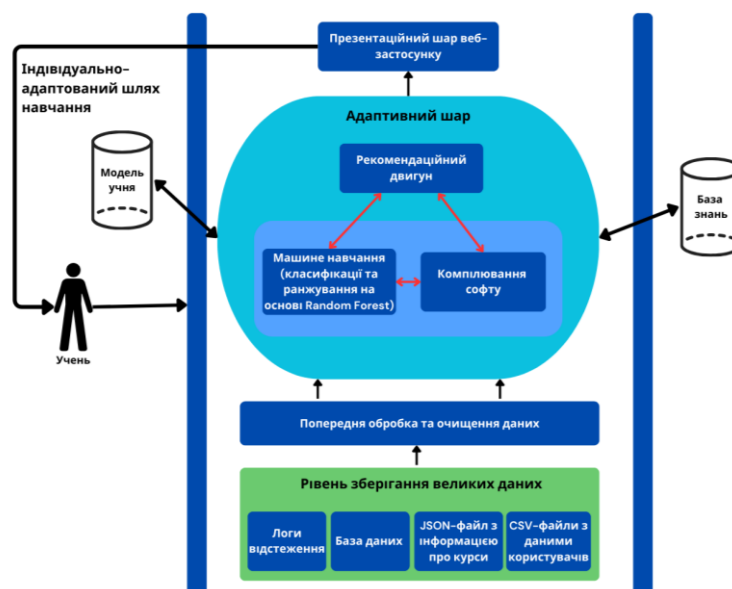


Рисунок 3.21 – Схема роботи алгоритму адаптації навчання для учня навчальних класів

Такий підхід до адаптації навчального контенту забезпечує індивідуалізацію процесу навчання на основі реальних даних, що відображають прогрес кожного учня. Штучний інтелект виступає інструментом, який автоматизує складні аналітичні процеси, спрощуючи роботу викладача та підвищуючи якість навчання. В результаті система створює умови, за яких кожен учень має можливість розвиватися у своєму темпі, одночасно долаючи індивідуальні труднощі та поступово рухаючись до досягнення своїх освітніх цілей.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальні дослідження є невід'ємною частиною впровадження адаптивних систем навчання, адже вони дозволяють оцінити ефективність розроблених алгоритмів та методів у реальних умовах. У рамках цього розділу було проведено низку тестувань, спрямованих на вивчення того, як запропонована система адаптується до індивідуальних потреб учнів, аналізує їхній прогрес та коригує навчальний контент. Застосування обраного підходу базується на об'єктивних показниках, таких як кількість помилок, успішність виконання завдань та час, витрачений на розв'язання.

4.1 Методика оцінювання адаптивної системи навчання

Для підтвердження практичної цінності запропонованої системи було сформовано вибірку учнів початкових класів, які працювали з платформою протягом визначеного періоду. Експерименти дозволили перевірити, як система враховує індивідуальні особливості учнів, зокрема їхній рівень знань та типові помилки, й адаптує навчальні матеріали для максимального підвищення ефективності навчання. У рамках дослідження було розроблено методику, яка базується на аналізі навчальних результатів учнів, рівня їхньої залученості до процесу, а також на оцінці адаптаційних можливостей самої системи. Основний акцент зроблено на індивідуалізації навчання, тому критерії оцінки зосереджені на відповідності навчального контенту рівню знань та потреб кожного учня.

Методика включає кількісні та якісні показники. До кількісних показників належать успішність виконання завдань, кількість помилок, час, витрачений на розв'язання завдань, а також динаміка результатів протягом навчального процесу. Якісні показники оцінюють суб'єктивне сприйняття системи учнями та вчителями, їхнє задоволення інтерфейсом, а також

доступність матеріалів. Для забезпечення об'єктивності оцінювання було використано анкетування учнів і вчителів та аналіз даних, зібраних системою.

На графіку представлено успішність виконання завдань за різними типами в межах експериментального дослідження адаптивної системи навчання (рисунок 4.1). Окремо виділено кількість правильних і неправильних відповідей для кожного типу завдань: віднімання, додавання, ділення та множення. Це дозволяє візуалізувати ефективність навчання учнів та визначити потенційно складніші завдання.

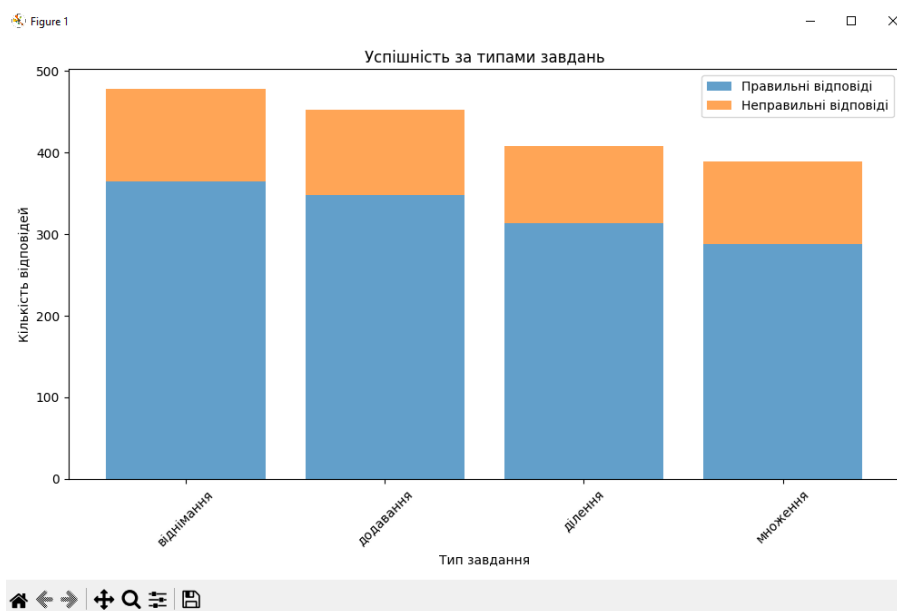


Рисунок 4.1 – Аналіз експериментального дослідження успішність за типами завдань

Ми бачимо, що завдання з віднімання мали найбільшу загальну кількість відповідей, серед яких спостерігається найбільша кількість правильних рішень. Завдання з додавання демонструють схожу успішність, хоча частка правильних відповідей трохи нижча, що може свідчити про певні труднощі учнів із цим типом задач. Завдання з ділення і множення мали дещо меншу кількість загальних відповідей, проте відсоток

правильних відповідей залишився на стабільному рівні, що говорить про їхню доступність для учнів.

Аналіз оцінки середнього часу виконання завдань за типами (рисунок 4.2) показує, що завдання з ділення вимагають найбільше часу на виконання, що свідчить про їх підвищену складність для учнів у порівнянні з іншими типами завдань. Завдання з додавання та віднімання мають схожий середній час виконання, що може свідчити про їх приблизно однакову складність для цієї вибірки учнів. Найменший середній час виконання спостерігається у завданнях з множення, що вказує на їх легшу сприйнятливості та автоматизацію навичок у цій сфері.

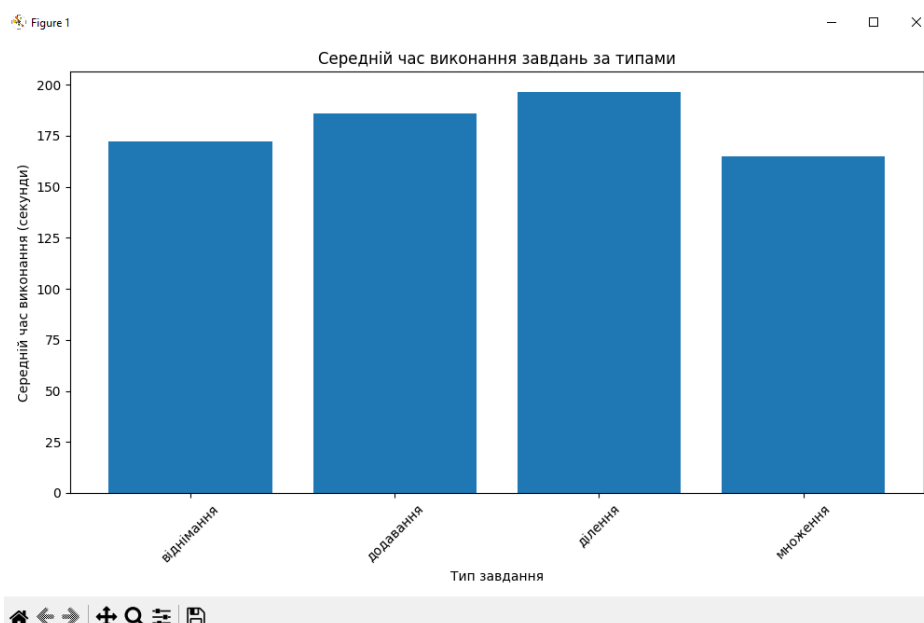


Рисунок 4.2 – Аналіз експериментального дослідження середнього часу виконання завдань за типами

Цей аналіз дозволяє зробити висновок, що завдання з ділення потребують додаткової уваги в адаптивній системі навчання, наприклад, введення допоміжних матеріалів чи інтерактивних підказок для покращення розуміння. Натомість завдання з множення можуть використовуватися для переходу до складніших типів задач або як розігрів перед більш складними

завданнями. Врахування цих особливостей дозволяє вдосконалити процес адаптивного навчання та зробити його більш ефективним.

Проведений експериментальний аналіз демонструє ключові результати роботи адаптивної системи навчання, зокрема успішність виконання завдань учнями та їхнє сприйняття системи. Результати кількісного аналізу охоплюють чотири основні типи завдань: віднімання, додавання, ділення та множення. У таблиці представлено кількість виконаних тестів для кожного типу завдань, загальну кількість правильних та неправильних відповідей, а також середній час, витрачений на розв'язання одного завдання (рисунок 4.3).

	task_type	total_tests	total_correct	total_incorrect	avg_time_spent
0	віднімання	49	365	113	172.306122
1	додавання	42	348	104	185.785714
2	ділення	42	313	95	196.500000
3	множення	40	288	101	164.775000
Підсумок оцінок системи:					
		ease_of_use	satisfaction		
	avg_ease_of_use	3.98	NaN		
	avg_satisfaction	NaN	4.14		

Рисунок 4.3 – Аналіз експериментального ключових даних

Так, завдання з віднімання мали найбільшу кількість виконаних тестів (49), із загальною кількістю правильних відповідей 365 та 113 неправильних. Середній час виконання цих завдань становив 172 секунди. Завдання з додавання, ділення та множення демонструють схожу кількість виконаних тестів, але різняться за кількістю правильних і неправильних відповідей, а також часом виконання. Найменше часу в середньому витрачалося на завдання з множення (164 секунди), що може свідчити про їхню простоту або зрозумілість для учнів.

Щодо якісного аналізу, система оцінювалася учнями за такими критеріями, як зручність використання та задоволення від роботи. Середній бал за зручність використання становив 3.98 з 5 можливих, тоді як рівень

задоволення досяг позначки 4.14. Ці показники свідчать про позитивне сприйняття інтерфейсу та функціональності системи серед учнів.

Отримані результати підкреслюють важливість аналізу не лише успішності виконання завдань, але й суб'єктивного досвіду користувачів. Поєднання цих даних дозволяє оптимізувати систему для досягнення високих результатів як в академічному, так і в емоційному аспектах навчання.

Таким чином, запропонована методика дозволяє комплексно оцінити ефективність адаптивної системи навчання, виявити її сильні сторони та визначити напрями для подальшого вдосконалення. Отримані результати є основою для аргументованих висновків щодо доцільності впровадження таких систем у навчальний процес початкової школи.

Вибірка учнів була представлена різними рівнями академічної підготовки, що дало змогу протестувати систему в умовах, наближених до реальних. Дослідження включало не лише кількісний аналіз результатів, але й якісний підхід, спрямований на вивчення індивідуальних відгуків учнів та вчителів, які брали участь у тестуванні. Це забезпечить всебічне розуміння ефективності запропонованого підходу та виявлення можливих шляхів для його вдосконалення.

4.2 Особливості вибірки та умови проведення експерименту

Для проведення експерименту було обрано вибірку учнів 4-го класу загальноосвітніх шкіл, які активно використовують сучасні технології у навчальному процесі. Загальна кількість учасників становила 50 учнів, що забезпечує достатній обсяг даних для статистичного аналізу. Вибірка була сформована з урахуванням вікових особливостей, рівня підготовки та зацікавленості учнів у використанні інтерактивних освітніх платформ.

Експеримент проводився в умовах звичайного навчального середовища, що забезпечувало максимальну природність навчального

процесу. Учням надавався доступ до адаптивної системи навчання, яка пропонувала завдання з різних тем, таких як додавання, віднімання, множення, ділення, а також різні типи подачі завдань (картки, рівняння, задачі). Протягом усього експерименту здійснювався збір даних щодо результатів виконання завдань, часу їх розв'язання, кількості помилок, а також суб'єктивної оцінки системи з боку учнів.

Умови експерименту були побудовані таким чином, щоб мінімізувати зовнішні фактори, що могли б вплинути на результати. Усі учасники мали рівні можливості для доступу до системи та однаковий час для виконання завдань. Додатково було проведено інструктаж, щоб пояснити учням правила роботи з платформою. Такий підхід забезпечив об'єктивність отриманих результатів і дав змогу оцінити ефективність розробленої системи в реальних умовах.

4.3 Аналіз результатів використання адаптивної системи

Результати кількісного аналізу вказують на те, що адаптивний підхід дозволяє не лише враховувати індивідуальні особливості учнів, але й створювати умови для поступового покращення їхньої успішності. Наприклад, найбільша кількість виконаних завдань спостерігається для теми «віднімання», що свідчить про зрозумілість цього матеріалу для більшості учнів. Водночас частка неправильних відповідей для цієї теми все ще залишається значною, що може вказувати на необхідність додаткових інструментів, які допоможуть закріпити навички.

Додатковий виклик спостерігається у завданнях із ділення. Незважаючи на стабільну кількість правильних відповідей, середній час, витрачений на виконання цих завдань, є найбільшим серед усіх типів завдань. Це може свідчити про те, що учням бракує впевненості у цій темі або що вони потребують більше часу для обчислень. Для вирішення цієї проблеми система може бути доповнена інтерактивними підказками або

пояснювальними матеріалами, які дозволять учням краще зрозуміти принципи виконання завдань з ділення.

Завдання з множення демонструють найнижчий середній час виконання, що вказує на їхню простоту для учнів. Однак це також може означати, що цей тип завдань потребує ускладнення або переходу до більш складних задач, щоб забезпечити прогрес у навчанні. Завдання з додавання мають схожий з відніманням час виконання, однак кількість неправильних відповідей для цієї теми вища, що може свідчити про певні труднощі у сприйнятті теми. Це вказує на необхідність посиленої уваги до цієї теми під час побудови навчальних матеріалів.

Якісний аналіз доповнив кількісні результати. Висока оцінка зручності використання системи (3.98 з 5) та задоволення від роботи з нею (4.14 з 5) вказують на позитивне сприйняття системи учнями. Такі показники свідчать про зручність інтерфейсу та зрозумілість механізмів взаємодії, що сприяють залученню учнів до процесу навчання. У той же час, зворотний зв'язок від учнів може бути використаний для подальшого вдосконалення системи, наприклад, шляхом поліпшення дизайну чи надання додаткових функцій, які полегшують розуміння складних завдань.

Таким чином, отримані результати вказують на необхідність подальшої оптимізації адаптивної системи навчання, враховуючи специфіку різних типів завдань і рівень підготовки учнів. Система вже продемонструвала свою ефективність, але її потенціал може бути розширений шляхом більш детальної адаптації навчальних матеріалів, особливо для складних тем, таких як ділення. Це забезпечить ще більшу ефективність та гнучкість навчального процесу.

Розробка та впровадження подібних систем є важливим кроком у розвитку сучасної освіти, оскільки дозволяє інтегрувати інноваційні технології в навчальний процес, зберігаючи його індивідуальний підхід. Подальший розвиток системи може передбачати використання складніших алгоритмів для аналізу поведінки учнів і прогнозування їхніх успіхів у

навчанні. Це відкриває можливості не лише для більш ефективного засвоєння матеріалу, але й для формування точних рекомендацій для вчителів, що сприятимуть підвищенню якості освітнього процесу та кращому врахуванню індивідуальних потреб кожного учня.

4.4 Порівняння ефективності розробленої системи із традиційними підходами

Традиційна система навчання, що переважно ґрунтується на єдиному для всіх учнів підході, має свої переваги, але значною мірою обмежує можливість індивідуального підходу до кожного учня. У таких умовах часто ігнорується різниця в темпі засвоєння матеріалу, рівні попередніх знань та стилі навчання окремих учнів. Це може призводити до перевантаження сильних учнів або, навпаки, недостатньої уваги до тих, хто має труднощі з певними темами.

Розроблена адаптивна система навчання вирізняється тим, що здатна динамічно змінювати навчальний контент та формат завдань залежно від результатів, досягнутих кожним учнем. Впроваджені алгоритми аналізу дозволяють оперативно визначати слабкі місця у знаннях та пропонувати завдання для їхнього закріплення, що значно підвищує ефективність навчання. У порівнянні з традиційними методами, де контроль знань зазвичай здійснюється через стандартизовані тести, адаптивна система забезпечує більш гнучкий та постійний моніторинг успішності. Це дозволяє створити індивідуальну траєкторію навчання для кожного учня.

Експериментальні дослідження показали, що учні, які працювали з адаптивною системою, демонстрували більш стабільну динаміку покращення результатів у порівнянні з тими, хто навчався за традиційною методикою. Наприклад, кількість правильних відповідей у завданнях, які спочатку викликали труднощі, суттєво збільшилася після кількох повторів, що забезпечувалося адаптацією навчального матеріалу. У традиційній

системі, де такого індивідуального підходу немає, учні часто залишаються на тому самому рівні, якщо не отримують додаткової допомоги поза класом.

Ще однією перевагою адаптивної системи є інтеграція якісних аспектів навчання. Учні, які взаємодіяли з платформою, високо оцінили її інтуїтивність та зручність, що сприяло їхньому залученню до навчального процесу. Традиційна система, з іншого боку, часто не враховує емоційний та мотиваційний аспекти навчання, що може негативно впливати на ефективність засвоєння матеріалу.

Таким чином, адаптивна система навчання не лише забезпечує гнучкість та індивідуалізацію навчального процесу, але й стимулює учнів до більш активного залучення та підвищує їхню мотивацію. Порівняння із традиційними підходами підтвердило її переваги, зокрема в аспектах індивідуального підходу, ефективності засвоєння матеріалу та емоційної залученості учнів. Це свідчить про перспективність подальшого розвитку та впровадження подібних систем у сучасну освітню практику.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи була створена адаптивна система навчання для учнів початкових класів із використанням методів штучного інтелекту, яка спрямована на персоналізацію освітнього процесу та підвищення його ефективності. Проведений аналіз існуючих платформ та підходів виявив значні можливості для удосконалення навчального середовища шляхом впровадження технологій, орієнтованих на потреби учнів.

Дослідження можливостей адаптивного навчання з використанням методів штучного інтелекту довело свою актуальність та важливість для сучасної освіти, особливо для початкової школи. Актуальність теми зумовлена необхідністю вдосконалення освітнього процесу в умовах глобальних викликів, таких як пандемія COVID-19, воєнні дії в Україні та зростаючі потреби в індивідуалізації навчання. Проведене дослідження підтвердило, що впровадження адаптивних методик із використанням алгоритмів ШІ дозволяє підвищити ефективність освітнього процесу за рахунок персоналізації навчальних траєкторій, врахування індивідуальних потреб учнів та гнучкого підходу до зміни складності завдань.

Розроблена система враховує рівень знань, прогалини у розумінні матеріалу та індивідуальні особливості учнів. Завдяки впровадженим алгоритмам аналізу даних навчальний контент автоматично адаптується, забезпечуючи відповідність між складністю завдань і рівнем підготовки учнів. Інтеграція елементів гейміфікації сприяє підвищенню мотивації, залученості учнів та створює сприятливі умови для засвоєння нових знань і навичок.

Результати дослідження виявили переваги адаптивного навчання для учнів початкових класів, серед яких ключовими є інтерактивність, залученість та індивідуалізація. Завдяки аналізу даних про навчальний процес, адаптивні системи здатні своєчасно ідентифікувати прогалини в

знаннях і пропонувати персоналізовані рішення. Такий підхід забезпечує краще засвоєння матеріалу та формує у школярів позитивне ставлення до навчання. Особливо перспективним є поєднання адаптивного навчання з елементами гейміфікації, яке сприяє підвищенню мотивації учнів.

Втім, проведені дослідження також виявили низку обмежень і викликів, пов'язаних із використанням адаптивних технологій у початковій школі. Серед них – технічна залежність, обмеження доступу до якісних ресурсів у регіонах із низьким технічним забезпеченням, а також питання захисту персональних даних учнів. Іншою проблемою є готовність педагогів до впровадження інноваційних підходів, адже реалізація адаптивного навчання потребує відповідної підготовки та підвищення кваліфікації.

Експериментальне дослідження підтвердило результативність запропонованої системи. Аналіз кількісних та якісних даних показав покращення успішності учнів, скорочення часу виконання завдань та позитивні відгуки щодо зручності користування платформою. Зокрема, завдання з ділення виявилися складнішими для учнів, що свідчить про необхідність додаткових допоміжних матеріалів для цього типу задач. Крім того, найкращі результати були продемонстровані у завданнях з множення, що свідчить про їхню доступність і зрозумілість для учнів.

Пропоновані рекомендації спрямовані на вдосконалення методик адаптивного навчання, інтеграцію цифрових платформ у навчальний процес та підвищення доступності сучасних освітніх технологій. Це дослідження є важливим кроком на шляху до створення інклюзивної освітньої системи, яка відповідає викликам сучасного світу. Успішне впровадження адаптивного навчання сприятиме не лише покращенню академічних результатів учнів, а й формуванню успішних і впевнених у собі особистостей.

Таким чином, отримані результати демонструють значний потенціал розробленої системи для впровадження в освітній процес початкової школи. Подальші дослідження та вдосконалення системи можуть зосередитися на

розширенні функціоналу, включенні нових навчальних дисциплін та покращенні технічної інфраструктури.

Таким чином, на основі проведеного дослідження, можна зробити висновок, що запропонована адаптивна система навчання є перспективним інструментом для підвищення ефективності навчального процесу в початковій школі. Однак, для подальшого вдосконалення системи необхідно врахувати можливості інтеграції з іншими освітніми платформами, розширення бази даних для глибшого аналізу індивідуальних особливостей учнів, а також розвиток інструментів візуалізації прогресу для більшої зручності використання системи вчителями. Крім того, важливо передбачити варіанти використання системи у школах із низьким рівнем технічного забезпечення, забезпечуючи її доступність для всіх категорій учнів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. AI@Education | Teaching and learning at school with artificial intelligence. URL: https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/Report-AI-education.pdf?utm_source(дата звернення: 14.12.2024)
2. Adaptive learning | Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptive_learning(дата звернення: 24.10.2024)
3. Adaptive Learning in Education. Rise Up. URL: <https://www.riseup.ai/en/blog/adaptive-learning-in-education>(дата звернення: 12.11.2024).
4. Початкова освіта в контексті ідей НУШ | Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/714505/1/%D0%9F%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%B0%20%D0%B2%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%96%20%D1%96%D0%B4%D0%B5%D0%B9%20%D0%9D%D0%A3%D0%A8.pdf>(дата звернення: 10.11.2024).
5. Нова українська школа. URL: <https://nus.org.ua> (дата звернення: 10.11.2024)
6. What is Adaptive Learning? My eLearning World. URL: <https://myelearningworld.com/what-is-adaptive-learning/>(дата звернення: 25.10.2024).
7. Adaptive Learning Platform Overview | Disprz.ai. URL: <https://disprz.ai/blog/adaptive-learning-platform-overview> (дата звернення: 10.11.2024).
8. Adaptives Lernen | Mynd Blog. URL: <https://blog.mynd.com/de/adaptives-lernen/> (дата звернення: 24.10.2024).

9. Adaptive learning mechanism. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Adaptive-learning-mechanism_fig1_349351471 (дата звернення: 25.10.2024).
10. Козлітін Д., Козак Л. Використання інтерактивних методів у Новій українській школі. URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/27280/1/d_kozlitin_1_kozak_NUSVUVS_2019.pdf (дата звернення: 10.11.2024).
11. Годз В. О. Дослідження адаптивного навчання в українських школах. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/7238/2/Godz.pdf> (дата звернення: 11.10.2024).
12. Quizizz Reviews | SoftwareWorld. URL: <https://www.softwareworld.co/software/quizizz-reviews/> (дата звернення: 12.12.2024).
13. Quizlet. URL: https://quizlet.com/?utm_source (дата звернення: 08.11.2024).
14. Coursera Plus | Coursera. URL: <https://www.coursera.org> (дата звернення: 08.11.2024).
15. Duolingo. URL: <https://de.duolingo.com/> (дата звернення: 08.11.2024).
16. Personalized Adaptive Learning in Modern Education Systems | MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/13/12/1216> (дата звернення: 19.10.2024).
17. Жеребкін В.І., Удовенко С.Г., Чала Л.Є., Гриньова О.Є. Аналіз складності та побудова концептуальних графів масових відкритих онлайн-курсів | Біоніка інтелекту. – 2023. – Вип. 1 (100). – С. 13-22. URL: <http://bionics.nure.ua/article/view/314581> (дата звернення: 18.10.2024).
18. Innovative Adaptive Learning in Digital Systems | Springer. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-36653-7_10 (дата звернення: 15.11.2024).

19. Adaptive Learning and Its Impact on Education | ScienceDirect. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X21000114> (дата звернення: 22.10.2024).
20. Latest Trends in Adaptive Learning | arXiv. URL: <https://arxiv.org/pdf/2305.16568> (дата звернення: 16.11.2024).
21. Adaptive Learning Mechanism | ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Adaptive-learning-mechanism_fig1_349351471 (дата звернення: 14.11.2024).
22. Gamification in Education: A Comprehensive Review | PubMed Central. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3747013/> (дата звернення: 21.10.2024).
23. Як працює гейміфікація в онлайн-тренінгах і системах управління навчанням | Kwiga. URL: https://kwiga.com/ua/blog/yak-pracyuye-gejmifikaciya-v-onlajn-treningah-i-sistemah-upravlinnya-navchannyam?utm_source (дата звернення: 16.11.2024).
24. Adaptive Systems in Modern Education | Springer. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-51563-2_1 (дата звернення: 19.11.2024).
25. Gamification in Education: A Comprehensive Review | PubMed Central. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3747013/> (дата звернення: 21.10.2024).
26. Advances in Adaptive Learning: Theory and Practice | MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2673-8392/3/4/89> (дата звернення: 22.12.2024).
27. Gamification in Intelligent Tutoring Systems | ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/267267742_Gamification_in_intelligent_tutoring_systems (дата звернення: 14.11.2024).
28. Understanding Random Forest | Analytics Vidhya. URL: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/06/understanding-random-forest/> (дата звернення: 29.11.2024).