

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
Кафедра Комп'ютерних інтелектуальних технологій та систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Комп'ютерні інтелектуальні технології
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

“ _____ ” _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Зюзько Андрію Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модель системи електронного навчання на основі
багатоагентного підходу

затверджена наказом по університету від “ _____ ” _____ 2021 р. № _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 10 грудня 2021 р.

3. Вхідні дані до роботи _____

Агентно-орієтована технологія

Електронне навчання

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Аналіз предметної області.

Система електронного навчання.

Архітектура багатоагентної системи.

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Слайдів 12

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд стану проблеми та постановка задачі	08.11 – 13.11	
2	Аналіз літератури за напрямком магістерської роботи	13.11 – 20.11	
3	Аналіз систем е-навчання	21.11 – 23.11	
4	Вибір методів рішення для реалізації та їхнє обґрунтування	24.11 – 26.11	
5	Розробка проєкту систем е-навчання на основі багатоагентної технології	26.11 – 30.12	
6	Оформлення пояснювальної записки	01.12 – 07.12	
7	Оформлення графічної частини	08.12 – 10.12	

Дата видачі завдання 08 листопада 2021 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

проф. Аксак Н.Г.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 83 с., 19 рис., 5 табл., 2 дод., 36 джерел.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ, БАГАТОАГЕНТНА СИСТЕМА, СТИЛЬ НАВЧАННЯ, МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА, ІНВАЛІДНІСТЬ СТУДЕНТІВ

У роботі пропонується розподілена архітектура, заснована на мультиагентному підході для моделювання процесу комунікації та координації, що дозволяє запропонованій системі електронного навчання рекомендувати навчальні об'єкти, які адаптовані до профілю студента відповідно до його характеристик та уподобань. Ця архітектура взаємопов'язана з двома платформами, а саме з мультиагентною платформою, розробленою на Java, та системою Moodle LMS, яка розроблена на PHP.

Застосування підходу багатоагентного навчання з підкріпленням дозволило підвищити продуктивність системи і зробити процес адаптації більш гнучким.

Об'єктом дослідження є процеси побудови систем електронного навчання. Предметом дослідження є математичні моделі, методи та програмні комплекси, що орієнтовані на обробку інформації в процесі планування та реалізації електронного навчання.

ABSTRACT

Master's thesis: 83 pages, 19 figures, 5 tables, 2 appendices, 36 sources.

E-LEARNING SYSTEM, MULTI-AGENT SYSTEM, LEARNING STYLE,
MULTIAGENT SYSTEM, STUDENT DISABILITY

The paper proposes a distributed architecture based on a multi-agent approach to model the process of communication and coordination, which allows the proposed e-learning system to recommend learning objects that are adapted to the student's profile according to his characteristics and preferences. This architecture is developed using Java-based and Moodle LMS, which is developed in PHP.

Applying a multi-agent learning approach with reinforcement has increased system performance and made the adaptation process more flexible.

The object of research is the processes of building e-learning systems. The subject of research is mathematical models, methods and software packages that focus on information processing in the planning and implementation of e-learning.

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ Комп'ютерних інтелектуальних технологій та систем _____

АНОТАЦІЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

рівень вищої освіти другий (магістерський)

_____ Модель системи електронного навчання на основі _____

_____ багатоагентного підходу. _____

Виконав:

студент 2 курсу, групи КІТм-20-1

Зюзько А.О.

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Комп'ютерні інтелектуальні
технології

Керівник проф. Аксак Н.Г.

2021 р.

Актуальність теми дослідження. Пандемія Covid-19 вплинула на всі сфери економіки та політики, а також на соціальне життя всіх людей у всьому світі. Соціальне відокремлення та ізоляція, необхідні для уникнення поширення епідемії, сформували нові звички та види діяльності через Інтернет. Освіта є однією з сфер, які мають великий вплив, оскільки вона необхідна багатьом людям і в кожній окремій країні. Студенти стали обмеженими у своїх можливостях ходити до навчальних закладів та брати участь у колективних заходах, тому навчання в основному здійснюються за методами електронного або змішаного навчання. Такий підхід надав університетам ефективний метод навчання у поєднанні електронного навчання з традиційним навчанням, залежно від змісту та ресурсів, які університети можуть надати для курсів електронного навчання на різних рівнях. Сприятливі можливості для освітньої діяльності включають інтерактивні дії в режимі онлайн, а також зберігання та оцінювання даних, які можна проводити на інтернет-платформі, щоб студенти та викладачі могли виконувати свої завдання.

В магістерській роботі досліджено науково-прикладну проблему створення систем електронного навчання, які за якістю рішень дозволять максимально ефективно використовувати ресурси університети, та різноманітні форми навчання, включаючи навчання студентів-інвалідів.

Об'єктом дослідження є процеси побудови систем електронного навчання.

Предметом дослідження є математичні моделі, методи та програмні комплекси, що орієнтовані на обробку інформації в процесі планування та реалізації електронного навчання.

Дослідження базується на системному аналізі результатів сучасних теоретичних і прикладних розробок вітчизняних і зарубіжних учених в ІТ галузі. Для вирішення поставлених завдань використано: методи системного аналізу, методи кластеризації та класифікації, багатоагентні технології, методи об'єктно-орієнтованого програмування, методи побудови програмних застосунків з веб інтерфейсом.

Метою даної роботи є розробка проєкту системи електронного навчання, здатної надати кожному учню персоналізований контент, для студентів-інвалідів з порушенням слуху, зору та дислексією на основі багатоагентного підходу. Вимогами до системи є:

- враховувати індивідуальні потреби і переваги;
- враховувати три типи інвалідності: порушення слуху, порушення зору та дислексію;
- має бути спроможна знайти шлях для навчання кожного студента;
- мати можливість рекомендувати навчальний шлях до студентів на основі їх вивченого стилю, рівня знання, та для інвалідів.

У першому розділі розглянуто актуальність та проблеми електронного навчання та зроблено постановку задачі. Основна частина ефективного електронного навчання є інтерактивною. Оскільки людина також повинна володіти значною частиною навичок саморегуляції, у більшості випадків також надається тренер, щоб підтримувати учнів протягом усього їхнього навчального шляху. З точки зору більшої гнучкості та своєчасності, електронне навчання може задовольнити потреби в навчанні 24 години на добу, 7 днів на тиждень, коли традиційні навчальні підходи є досить руйнівними. Замість того, щоб студенту чекати початку занять в аудиторіях, електронне навчання дозволяє проводити навчання для окремих осіб у зручний для них спосіб. Зростання електронного навчання в бізнесі та вищій освіті привели до занепокоєння щодо впливу моделей забезпечення якості на структуру та якість цих програм. Пов'язані з цим занепокоєння щодо його здатності надавати значущий педагогічно структурований досвід навчання або мати чітко визначену парадигму навчання. Електронне навчання розвивається разом із Всесвітньою мережею в цілому. Сьогодні електронне навчання переважно проходить у формі онлайн-курсів. Від ресурсів, наданих проєктом OpenCourseware Массачусетського технологічного інституту, до розробки навчальних матеріалів у проєкті Rice's Connexions до пропозицій коледжів та університетів у всьому світі, курс є базовою одиницею організації. Зроблений огляд сучасної літератури. Особлива увага

приділяється інтелектуальним системам навчання. Проведені порівняльні дослідження існуючих систем електронного навчання, що використовують мультиагентний підхід. Висновком було те, що жодна з досліджуваних систем не є відкритим кодом, і їм усім бракує включення всіх бажаних характеристик (спільність, гнучкість, адаптивність, інтерактивність та безпека) в одну і ту ж систему. Також досліджувалися проблеми електронного навчання для студентів з обмеженими можливостями. Були визначені труднощі з недоступними конспектами та матеріалами курсу. Більшість систем приймають до уваги лише одну або дві характеристики студентів-інвалідів. Крім того, було визначено, що використання мультиагентного підходу та застосування методів машинного навчання, також може значно поліпшити е-навчання і зробити систему е-навчання більш інтелектуальною.

У другому розділі були досліджені фактори, що впливають на прийняття електронного навчання. Ці функції поділяються на чотири групи: студенти, викладач, інфраструктура та дисципліна. Зроблено порівняльні характеристики змішаних баз навчання на впливових факторах. На основі факторів впливу, спрямованих на оцінку системи електронного навчання зроблена оцінка системи електронного навчання за допомогою методу кластеризації. Побудована модель оцінки впливу на вимірювання та метод кластеризації даних, що заснований на наборі функцій, які використовуються для явного відображення та оцінки ефектів компонентів системи. Результати експериментів показують, що найбільший вплив на систему має інфраструктурний фактор. Далі результати експерименту показують, що викладач має більший вплив, ніж фактор курсу. Дослідження, що зроблено в цьому розділі, спрямоване на розуміння факторів, які впливають на процес навчання в університеті.

При аналізі систем адаптивного навчання на основі e-learning, було виділено п'ять основних технологій, які використовуються в адаптивних системах навчання: адаптивна презентація, підтримка адаптивної навігації, секвенування навчальних програм, інтелектуальний аналіз рішень студентів та інтерактивна підтримка проблем.

У третьому розділі пропонується модель системи електронного навчання, яка здатна надавати персоналізований контент студентам-інвалідам з порушенням слуху, зору та дислексією, Модель створена на основі багатоагентного підходу.

Запропонована система електронного навчання призначена для того, щоб рекомендувати персоналізований, корисний та цікавий навчальний ресурс на основі характеристик та уподобань учнів. Основними компонентами, що використовуються в цій системі, є модель для навчання, модель вмісту та модель адаптації. Ці компоненти взаємодіють між собою, забезпечуючи індивідуальну адаптацію системи відповідно до моделі учня, яка збирає всю інформацію про студента, та моделі змісту, яка описує навчальні ресурси та їх структуру. Ця система намагатиметься вибрати найбільш підходящу структуру змісту для кожного студента, беручи до уваги його стиль навчання, рівень знань та інвалідність. Модельована архітектура базується на декількох агентах. Ці агенти призначені для спілкування та обміну даними з метою надання студентам відповідної інформації, наприклад, адекватних навчальних ресурсів, які відповідають їхнім характеристикам та уподобанням.

Четвертий розділ присвячений моделюванню процесу адаптації змісту. Коли процес навчання ініціалізується в системі, кожен агент проходить ряд етапів, що формують його життєвий цикл. Агенти повинні спілкуватися між собою, щоб мати можливість обмінюватися та вимагати дій. Під час першої взаємодії з системою від студента вимагається увійти в систему та заповнити форму особистої інформації. Після того, як профіль студента буде сформований, той, хто навчається, може почати користуватися системою та обирати курси та навчальні елементи, які він хоче вивчити. На початку навчального досвіду той, хто навчається, повинен визначити курс, який слід вивчити. На цьому етапі система просить студента пройти початковий тест, щоб визначити рівень його знань. Початковий тест включає різні поняття, які повинен розуміти той, хто навчається. Ці поняття представлені питаннями з кожної навчальної одиниці обраного курсу з різним рівнем складності. Отриманий бал у цьому початковому

тесті дозволяє класифікувати студента в одній із трьох категорій, тобто “початківець”, “середній” або “просунутий”. Після визначення рівня знань студент може розпочати навчальний процес, вибираючи одиниці для вивчення. Потім система представляє НО цього підрозділу та адаптує їх до профілю студента.

Ключові слова: система електронного навчання, багатоагентна система, стиль навчання, мультиагентна система, інвалідність студентів.

Список опублікованих робіт за темою магістерської роботи:

Зюзько А.О. Впровадження візуалізаційних технологій під час навчання// XXV Міжнародний молодіжний форум “РАДІОЕЛЕКТРОНІКА І МОЛОДЬ У XXI СТОЛІТТІ”, 21-23 квітня 2021 р. м. Харків

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	15
ВСТУП.....	16
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	18
1.1 Електронне навчання	18
1.2 Огляд літератури.....	27
1.3 Постановка задачі	31
2 СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ.....	33
2.1 Фактори, що впливають на прийняття електронного навчання	33
2.1.1 Фактори впливу.....	34
2.2 Оцінка системи електронного навчання за допомогою методу кластеризації.....	36
2.3 Системи адаптивного навчання на основі e-learning	39
2.3.1 Рекомендаційні методи	42
3 АРХІТЕКТУРА БАГАТОАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ.....	48
3.1 Модель системи електронного навчання	48
3.1.1 Модель вмісту	48
3.1.2 Модель учня	50
3.1.3 Модель адаптації.....	52
3.2 Розподілена архітектура багатоагентної системи	52
3.3 Опис агентної моделі системи електронного навчання.....	56
3.3.1 Агент інтерфейсу адаптації	56
3.3.2 Агент для навчання.....	57
3.3.2 Агент регулювання	58
3.3.4 Агент оцінки.....	58
3.3.5 Агент адаптації.....	59
3.3.6 Агент вмісту	59

3.3.7 Слідкуючий агент	60
4 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АДАПТАЦІЇ ЗМІСТУ	61
4.1 Визначення E-learning, M-learning та D-learning	61
4.2 Методика моделювання	63
4.3 Приклад впровадження для рекомендації навчального шляху.....	66
ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

- RS – Recommendation systems
- CF – спільна фільтрація
- CB – рекомендації на основі контенту
- ML – машинне навчання
- FDN – глибокі мережі із прямим зв'язком
- CNN – згорткові нейронні мережі
- RNN – рекурсивні нейронні мережі
- DBN – мережі глибоких переконань
- NLP – системи обробки природної мови
- НО – навчальний об'єкт
- РС – рекомендаційна система

ВСТУП

Пандемія Covid-19 швидко поширюється світом і не має жодних ознак припинення. У всьому світі станом за даними ВООЗ на 17:48 СЕТ 30 листопада 2021 року було зареєстровано 261 435 768 підтверджених випадків COVID-19, у тому числі 5 207 634 померлих. Станом на 28 листопада 2021 року було введено 7 772 799 316 доз вакцини [1].

Більше того, епідемія вплинула на всі сфери економіки та політики, а також на соціальне життя всіх людей у всьому світі. Соціальне відокремлення та ізоляція, необхідні для уникнення поширення епідемії, сформували нові звички та види діяльності через Інтернет. Освіта є однією з сфер, які мають великий вплив, оскільки вона необхідна багатьом людям і в кожній окремій країні. Студенти обмежені у своїх можливостях ходити до навчальних закладів та брати участь у колективних заходах, тому навчання в основному здійснюються за методами електронного або змішаного навчання. Такий підхід надав університетам ефективний метод навчання у поєднанні електронного навчання з традиційним навчанням, залежно від змісту та ресурсів, які університети можуть надати для курсів електронного навчання на різних рівнях. Сприятливі можливості для освітньої діяльності включають інтерактивні дії в режимі онлайн, а також зберігання та оцінювання даних, які можна проводити на інтернет-платформі, щоб студенти та викладачі могли виконувати свої завдання.

Однак електронне навчання має обмеження: викладачі та студенти повинні мати певні навички, знання та досвід у сфері технологій та педагогічних навичок, щоб закінчити свій курс. Інфраструктура системи електронного навчання має бути синхронною, ефективною та безпечною. Це потрібно для підтримки взаємодії викладача та студента, для зберігання даних та оцінки ефективності курсу. Тому постає проблема, як мати хорошу систему електронного навчання. Одним із цікавих підходів є оцінка систем

на основі факторів впливу [2].

Через збільшення складності моделювання поведінки людини у віртуальному середовищі традиційне навчання обмежене у забезпеченні студентами гнучкого чи динамічного середовища електронного навчання. Адаптація контенту електронного навчання до кількох проблем електронного навчання є відкритою дослідницькою проблемою, яка стоїть перед усіма нами. Метою сучасних досліджень є огляд стилів навчання, що мають різні методи класифікації, які пов'язані з різними проблемами електронного навчання. Також важливо знайти проблеми та перспективні напрямки досліджень електронного навчання. Виникає необхідність дослідження ефективності стилю навчання та різних методів класифікації в різних проблемах електронного навчання. Різні наукові роботи можуть бути класифіковані на основі теорій стилю навчання, методів адаптивної класифікації, специфічних особливостей та проблем, з якими стикаються окремі проблеми електронного навчання. Коли адаптивне та динамічне навчання поєднується з різними стилями навчання, воно виявляється ефективним, та покращує результативність та знання учня порівняно з традиційним або звичайним навчанням [3].

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Електронне навчання

Електронне навчання означає багато різних речей, і гравці з різними ролями його розуміють по-різному. Термін електронне навчання охоплює широкий набір застосувань і процесів.

E-Learning – це загальний термін, що описує будь-який тип навчання, що залежить або покращується онлайн-спілкуванням з використанням новітніх інформаційно-комунікаційних технологій. Сфера такого навчання дуже широка. Однак глобально доступні визначення можуть спричинити плутанину.

Мало того, що ця тема однаково нова для виробників курсів, для постачальників технологій і для кінцевих користувачів (тобто для тих, хто навчається), вона ще не знайшла спільної точки зору та ринкової позиції.

Протягом останніх кількох років електронному навчанні приділялося надто багато уваги, особливо провідними постачальниками технологій. Однак у міру розвитку технологій та бізнесу розвивається і термінологія.

Обіцянка електронного навчання полягає в тому, що воно надає нові потужні інструменти для підвищення компетенції та можливостей, швидкості та продуктивності незалежно від того, чи працює організація в одному географічному місці чи в багатьох. Подібно до того, як розвиток ІТ докорінно змінив природу того, як виконується робота та спілкування, поява технологій електронного навчання принципово, змінюючи характер того, як люди навчаються. Людей все більше і більше заохочують вчитися самостійно і вивчати лише те, що їм дійсно потрібно знати для оптимального виконання своїх завдань.

Основна частина ефективного електронного навчання є інтерактивною. Оскільки людина також повинна володіти значною частиною навичок

саморегуляції, у більшості випадків також надається тренер, щоб підтримувати учнів протягом усього їхнього навчального шляху. З точки зору більшої гнучкості та своєчасності, електронне навчання може задовольнити потреби в навчанні 24 години на добу, 7 днів на тиждень, коли традиційні навчальні ініціативи в класі є досить руйнівними. Замість того, щоб чекати на створення класу студентів, електронне навчання дозволяє проводити навчання для окремих осіб у зручний для них спосіб.

В історії електронного навчання важливо зазначити, що не існує єдиного еволюційного дерева і єдиного узгодженого визначення електронного навчання: з 1960-х років електронне навчання розвивалося різними шляхами в бізнесі, освіті, секторі навчання, військовій і в даний час означає зовсім різні речі в різних секторах. У шкільному секторі “E-Learning” стосується використання як програмного, так і онлайн-навчання, тоді як у бізнесі, вищій освіті, військовому та навчальному секторах це стосується лише ряду онлайн-практик.

Історію електронного навчання в усіх секторах найкраще підсумувати так: “Можливості множаться, коли вони використані”, як за останні 40 років, викладачі та тренери на всіх рівнях освіти, бізнесу, навчання та Військові використовували комп’ютери різними способами для підтримки та покращення викладання та навчання. Отже, сучасне використання терміну “електронне навчання” має різні значення в різних контекстах. У секторах вищої освіти, бізнесу та навчання це стосується, зокрема, гнучкої доставки вмісту та програм через Інтернет, які зосереджені на підтримці певних спільнот практики. Е-навчання в бізнесі та навчанні можна охарактеризувати як те, що керується ідеями підвищення продуктивності та зниження витрат, особливо в умовах все більш глобалізованого бізнес-середовища, з акцентом на доставку контенту та керування онлайн-курсами. У цих секторах спочатку використовувалися обмежені моделі навчання, які існували на той час, але з тих пір перейшли до включення різноманітних моделей навчання та фокусів.

У контексті широкої освітньої спільноти використання терміну

електронне навчання історично мало ширші конотації, які охоплюють різноманітні практики, технології та теоретичні положення. Він не лише зосереджений на онлайн-контекстах, а включає повний спектр комп'ютерних навчальних платформ і методів доставки, жанрів, форматів і медіа, таких як мультимедіа, освітнє програмування, моделювання, ігри та використання нових медіа на стаціонарних і мобільних платформах. у всіх областях дисципліни. Він часто характеризується активною педагогікою, орієнтованою на учня.

Зростання електронного навчання в бізнесі та вищій освіті та його маркетинг як “додатка-вбивця” привели до занепокоєння щодо впливу моделей забезпечення якості на структуру та якість цих програм. Пов'язані з цим занепокоєння щодо його здатності надавати значущий педагогічно структурований досвід навчання або мати чітко визначену парадигму навчання.

У багатьох сучасних секторах електронне навчання часто розглядають як “нову” форму навчання, яка використовує можливості Інтернету для доставки індивідуальних, часто інтерактивних навчальних матеріалів та програм для різноманітних місцевих та віддалених спільнот практики. Однак ця точка зору історично не пов'язана зі своїми попередніми екземплярами, не визнаючи широких зв'язків між розробкою освітніх теорій і практик, які сформували використання електронного навчання протягом останніх 40 років. Крім того, історичний розрив між освітою та підготовкою призвів до одночасного розвитку різних понять, фокусів та ярликів для технологічного навчання в різних контекстах і ситуаціях, а також до різного концептуального походження, що виникає в метафорах навчання та навчання за участю.

Електронне навчання розвивається разом із Всесвітньою мережею в цілому. Сьогодні електронне навчання переважно проходить у формі онлайн-курсів. Від ресурсів, наданих проектом OpenCourseware Массачусетського технологічного інституту, до розробки навчальних матеріалів у проекті Rice's

Connexions до пропозицій коледжів та університетів у всьому світі, курс є базовою одиницею організації. Як наслідок, домінуюча технологія навчання, що використовується сьогодні, є типом системи, яка організовує та проводить онлайн-курси – система управління навчанням СУН). Ця частина програмного забезпечення стала поширеною в середовищі навчання; такі компанії, як WebCT, Blackboard і Desire2Learn, встановили продукти в тисячах університетів і коледжів і ними користуються десятки тисяч викладачів і студентів. Система управління навчанням бере навчальний зміст і організовує його стандартним чином, як курс, розділений на модулі та уроки, підкріплений вікторинами, тестами та дискусіями, а також у багатьох сучасних системах, інтегрованих в інформаційну систему студентів коледжу чи університету. Традиційні теорії дистанційного навчання, наприклад, трансакційної дистанції, описані Майклом Г. Муром, були адаптовані для онлайн-світу. Контент, що організований за цією традиційною моделлю, подається або повністю в режимі онлайн, або разом із більш традиційними семінарами для студентів на чолі з викладачем, дотримуючись визначеної навчальної програми, яку необхідно виконувати у заздалегідь визначеному темпі.

Природа Інтернету та люди, які використовують Інтернет, почали змінюватися. Ці зміни охоплюють цілі галузі в цілому, які також не характерні лише для освіти.

Однією з тенденцій, яка привернула увагу багатьох експертів, є зміна природи самих користувачів Інтернету.

Вони швидко поглинають інформацію у вигляді зображень і відео, а також тексту з кількох джерел одночасно. Вони працюють із “швидкістю посмикування”, очікуючи миттєвої відповіді. Вони віддають перевагу випадковому доступу до медіа “на вимогу”, очікують постійного спілкування зі своїми друзями (які можуть перебувати по сусідству або по всьому світу), і вони так само ймовірно створять власні медіа (або завантажують чийсь), як щось придбати.

У навчанні ці тенденції проявляються в навчання, яке іноді називають “орієнтованим на учня”. Це більше, ніж просто адаптація до різних стилів

навчання або надання користувачеві можливості змінювати розмір шрифту та колір фону; це передача контролю самого навчання в руки учня.

Навчання характеризується не тільки більшою автономією для учня, але й більшим акцентом на активному навчанні, причому створення, спілкування та участь відіграють ключову роль, а також зміна ролей для вчителя, і навіть руйнування відмінності між вчителем та студент взагалі.

Знищення бар'єрів призвело до багатьох рухів і проблем, які ми бачимо в сучасному Інтернеті. Спільний доступ до файлів, наприклад, розвивається не через раптову злочинність серед сучасної молоді, а скоріше через їх повсюдне переконання, що інформація – це те, що потрібно поширювати. Ця віра проявляється в таких речах, як безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом, ліцензії Creative Commons на вміст і відкритий доступ до наукових та інших робіт.

Структури та організація, які характеризували життя до Інтернету, руйнуються. Там, де посередники, такі як співробітники зі зв'язків з громадськістю, журналісти чи професори, не потрібні, вони не беруться до уваги. Споживачі спілкуються безпосередньо з виробниками і найчастіше вимагають нових стандартів підзвітності та прозорості. Часто вони інформують про сам продуктивний процес, а в багатьох випадках замінюють його взагалі. Пасивний став активним. Незацікавлений заручився. Новий користувач Інтернету може не голосувати, але це лише тому, що голос не має значення, коли ви керуєте собою.

Педагоги почали помічати щось інше, коли кілька років тому почали використовувати такі інструменти, як вікі та блоги в класі. Раптом замість того, щоб обговорювати заздалегідь задані теми зі своїми однокласниками, учні виявили, що обговорюють широкий спектр тем з однолітками по всьому світу. За дуже короткий час блоги були використані для найрізноманітніших цілей в освіті; сформувалася мережа освітніх блогерів, і до цього року тисячі вчителів заохочували своїх учнів вести блог.

Ведення блогів дуже відрізняється від традиційно призначеного навчального змісту. Це набагато менш формально. Написано з особистої точки

зору, особистим голосом. Публікації в блогах студентів часто стосуються чогось із їх власних інтересів, а не теми курсу чи призначеного проекту.

Педагоги також зацікавилися підкастингом. Деякі почали мовлення, наприклад, у McMaster, де професори інженерії зараз ведуть онлайн-шоу.

Що відбувається, коли онлайн-навчання перестає бути засобом, а стає більше схожим на платформу? Модель електронного навчання як різновиду контенту, що створюється видавцями, організовується і структурується на курси та споживається студентами, перевернута з ніг на голову. Оскільки є зміст, він використовується, а не читається – і, у будь-якому випадку, швидше за все, буде створено студентами, ніж авторами курсів. І якщо є структура, то вона, швидше за все, буде нагадувати мову чи розмову, а не книгу чи посібник.

Таким чином, програма для електронного навчання починає дуже нагадувати інструмент для ведення блогів. Він являє собою один вузол у мережі, пов'язаний з іншими вузлами та службами створення вмісту, якими користуються інші студенти. Він стає не інституційним чи корпоративним додатком, а персональним навчальним центром, де вміст повторно використовується та переміщується відповідно до власних потреб та інтересів студента. Воно справді стає не окремою програмою, а сукупністю взаємодіючих програм – середовищем, а не системою.

Він також починає виглядати як інструмент особистого портфолію. Ідея полягає в тому, що студенти матимуть своє особисте місце для створення та демонстрації власних робіт. Деякі програми електронного портфолію, такі як ELGG, вже створені. IMS Global склав специфікацію електронного портфолію.

Такий підхід до навчання означає, що навчальний вміст створюється і поширюється зовсім іншим способом. Замість того, щоб бути складеним, організованим і упакованим, вміст електронного навчання синдикований, як публікація в блозі або подкаст. Він агрегується студентами, використовуючи їх особистий RSS-читач або подібну програму. Звідти його перемішують і переробляють, маючи на увазі власну індивідуальну програму учня, при цьому готовий продукт подається вперед, щоб стати кормом для читання та використання іншим студентом.

Більш формально, замість використання корпоративних систем управління навчанням, навчальні заклади очікують використовувати взаємоблокований набір програм з відкритим кодом. Робота над таким набором додатків розпочалася протягом кількох кварталів, коли в E-Learning Framework визначено набір загальних додатків, а в нещодавно створеній e-Framework для освіти та досліджень спирається на міжнародне співробітництво. Незважаючи на те, що в цих системах все ще є елемент доставки контенту, все більше усвідомлюється, що навчання стає творчою діяльністю і що відповідне місце проведення – це платформа, а не додаток.

III – це всього лише комп'ютерна програма, “простий” алгоритм оптимізації. Такі алгоритми можуть містити в вихідному коді різні етичні обмеження (закон). Відомий історичний приклад у вигляді таких простих “роботизованих законів” сходять до 1950 року, коли Айзек Азімов запропонував наступне:

Робот не може заподіяти шкоду людині або своєю бездіяльністю допустити, щоб людині було завдано шкоди.

Робот повинен підкорятися наказам, відданим йому людьми, за винятком випадків, коли такі накази суперечать Першому закону.

Робот повинен захищати своє існування до тих пір, поки такий захист не суперечить Першому або Другому закону.

З цих законів ясно, що робот (інтелектуальна машина), або, в сучасній термінології, III, повинен захищати людей і ставити безпеку людей вище свого власного існування. Однак 50 років потому Марк У. Тилден написав схожі, але в той же час різні закони:

- робот повинен захищати своє існування за всяку ціну;
- робот повинен отримати і підтримувати доступ до джерела живлення;
- робот повинен постійно шукати кращі джерела енергії.

Що може бути зроблено? Намагаючись знайти рішення, простий приклад, пов'язаний з поняттям пропріоцепції можна розглядати. Що

насправді означає пропріоцепція? Пропріоцепцію також можна назвати самосприйняття думки, або ж самосвідомість думки, тобто думка, яка здатна сприймати свій власний потік, яка усвідомлює свій власний рух.

При пропріоцепції також розвивається емоційний інтелект (EI) людини, який крок за кроком змінює історичну пам'ять людини і додає нові елементи в цю історичну пам'ять на рівні інтуїтивного мислення. За аналогією ми можемо розробити аналогічну філософію пропріоцепції для ШІ. Тому ми повинні розвивати це розуміння у кожної людини або ШІ; ми повинні “змінити” або встановити конкретний образ мислення (творчий, критичний і усвідомлене мислення); і дуже важливо почати цей процес з агентів (людей або ШІ) самого “молодшого” віку. Ці компетенції повинні розвиватися крок за кроком, що дозволить нам справлятися з повсякденними потребами інших і допоможе підвищити обізнаність.

Перш ніж будь-якому навчальному середовищі буде надано будь-якої інтелект, в це середовище навчання повинні бути вбудовані машинна етика і / або машинна поведінка, щоб гарантувати визначення когнітивних, соціальних і емоційних компетенцій учнів. таким чином, щоб їх можна було формалізувати або перевести на наукову мову, або на мову, що знайома машині.

Крім того, необхідно визначити методи для оцінки того, чи правильно такі інтелектуальні системи працюють в довгостроковій перспективі, оскільки в реальному часі неможливо ні помітити, ні усунути наслідки, які їх збій або нерегулярні операції надають на моральний розвиток людей. І оскільки ці методи, як згадувалося раніше, знаходяться не в області комп'ютерних вчених, робототехників і інженерів, які створили машини, а знаходяться в руках експертів з області поведінкової науки, ролі оцінювача і аудитора повинні взяти на себе роль вчителів. З цієї причини вчителі повинні бути в змозі отримати якісь знання з області науки про поведінку ШІ, щоб стати компетентними спостерігачами і оцінювачами такого інтелектуального середовища навчання.

Тому виникає загальне питання, що пов'язано з моральними проблемами використання передових систем навчання і сучасного навчального середовища, на основі використання ІІІ. На основі цього викладачі мають визначити, чи є інтелектуальний аксесуар (програма або алгоритм) для навчання таким, щоб він забезпечував придбання всіх когнітивних, соціальних і емоційних компетенцій учнями, тобто “Чи безпечно його використовувати в освітньому процесі?”.

Інтелект визначається як вміння пристосовуватися до навколишнього середовища і вирішувати проблеми. Однак одного навчання недостатньо. Щоб мати можливість вчитися, система повинна володіти деякими можливостями, такими як достатній обсяг пам'яті, здатність міркувати (процесор), здатність сприймати (введення і виведення) і т. Д. Цих здібностей недостатньо, якщо вони не відповідають вимогам. Інтегровані або в них відсутній відповідний алгоритм навчання. Крім того, ефективне навчання також вимагає деяких початкових знань – базових знань, які успадковуються в звичайних системах. Завдяки навчанню можливості системи збільшуються, і, отже, інтелект системи також збільшується.

Існує величезна кількість можливостей для впровадження новинок, таких як пропоноване проблемне і дослідницьке навчання, в навчальний процес, просто проявляючи творчий підхід; наприклад, вчитель може використовувати свіжі приклади або задачі, здивувати учнів новими даними або представити абсолютно непередбачуваний сценарій. Учитель також може залучати учнів до гри і симуляції, які вимагають від них застосування інформації в незнайомих контекстах. Середовище електронного навчання, рольові ігри, енергійні онлайн-дискусії і швидкі серйозні ігри – все це може додати сенсорні стимули для підвищення артеріального тиску і рівня адреналіну, щоб усунути сонливість, зменшити занепокоєння і підкріпити інформацію. Надання учням можливості самостійно виконувати деякі дослідження і вправи, щоб краще розуміти абстрактні ідеї, писати есе або працювати з інтерактивним моделюванням.

1.2 Огляд і аналіз літератури

Інтелектуальні системи навчання дозволяють студентам отримати освітні ресурси, які відповідають їхнім вимогам чи інтересам [1]. Більшість методів, застосовуваних для адаптації засновані на тих індивідуальних характеристиках того, хто навчається для отримання персоналізованого змісту навчання. Найчастіше використовувани персонажі та уподобання в адаптивних середовищах електронного навчання – це рівень знань та стиль навчання [2]. Найбільш відомі і найбільш часто використовуваний є Felder-Silverman Learning Style Model (FSLSM) [3]. Ця модель базується на восьми вимірах, кожен з яких містить дві категорії [4]. Автори [5] провели порівняльні дослідження та проаналізували існуючі системи електронного навчання, що використовують мультиагентний підхід. Висновком було те, що жодна з досліджуваних систем не є відкритим кодом, і їм усім бракує включення всіх бажаних характеристик (спільність, гнучкість, адаптивність, інтерактивність та безпека) в одну і ту ж систему. Автори в [6] запропонували моделі і архітектури для розробки більш персоналізованої багатоагентної електронної системи навчання. Автори [7] розробили модель інтелектуального навчання системи, заснованої на агентному підході. Ця модель адаптується до розподіленого віртуального середовища навчання. Крім використання мультиагентного підходу та застосування методів машинного навчання, також може поліпшити е-навчання системи і зробити її більш інтелектуальною [8]. Навчання з підкріпленням, як поле машинного навчання, може допомогти студентам, щоб отримати відповідні навчальні матеріали в процесі навчання. Автори в роботі [9] пропонують техніку, засновану на армованому навчанні, більш конкретно до Q-навчання алгоритму, щоб зробити адаптивну систему, відповідну потребам кожного студента. Автори в роботі [10] припускають метод онлайн-навчання, що заснований на армованому навчанні, який може мати справу зі складними середовищами. Використовуваний алгоритм, вибирає відповідні навчальні

об'єкти, щоб рекомендувати студенту.

У 21 столітті технології відіграють вирішальну роль у нашому повсякденному житті, і це змушує професіоналів, викладачів та учнів знову замислитися над своїми основними переконаннями, щоб використовувати технологію для перепроєктування або реінжинірингу системи освіти та навчання. Крім того, ці технологічні пристрої відіграють важливу роль, допомагаючи учням і вчителям отримати від них більше переваг. Однак терміни електронне навчання (e-learning), мобільне навчання (m-learning) та цифрове навчання (d-learning) використовуються байдуже або як доповнювач для означення технологічного навчання. Електронне навчання є альтернативою традиційній освіті, а також може бути доповненням до неї. З іншого боку, m-learning є доповненням як до традиційного, так і до електронного навчання [14]. Завдяки m-learning студенти можуть легко купувати електронні книги та завантажувати їх на свої пристрої [15], і це більше не є новинкою для учнів, але “це звичайний, поширений засіб навчання, на який покладаються тисячі закладів після середньої освіти та мільйонів робочої сили” [16]. М-навчання є підмножиною електронного навчання, а електронне навчання – це макроконцепція, яка включає мобільне навчання, а також онлайнове середовище. “M-learning – це електронне навчання за допомогою мобільних обчислювальних пристроїв: Palms, машини Windows CE, навіть ваш цифровий мобільний телефон”. D-learning – це інструмент, який вирішує численні проблеми, з якими стикаються навчальні заклади, лідери громад, а також політики, і він допомагає учням підключатися у віддалених районах “з високоякісними курсами коледжу та підготовки до кар’єри, які викладають висококваліфікований вчитель, який не працює всередині своєї школи”. Крім того, d-learning також може бути дуже корисним для викладачів, які стикаються з багатьма перешкодами, щоб задовольнити потреби студентів. І використання цих технічних термінів іноді плутає користувачів із поняттями онлайн-навчання або електронного навчання, m-learning, а також d-learning.

Система навчання свідчать про те, що використання та реалізація цієї стратегії потребує значного аналізу [17 , 18 , 19 , 20 , 21 , 22 , 23].

Метою дослідження [24] є розробка системи електронного навчання базової математики, яка здатна надати кожному учню персоналізований контент, щоб подолати ці помилки. Система використовує багатоагентну архітектуру для моніторингу діяльності студента, одночасно спостерігаючи та моделюючи знання та помилки студента. Уроки та екзаменаційні запитання вибираються динамічно мультиагентною системою, щоб охопити передумови нових уроків залежно від профілю користувача.

У дослідженні [25] пропонується система, яка показує групу з кількох агентів як інших учнів для користувача електронного навчання. Для безперервного навчання в електронному навчанні підвищення мотивації користувача до навчання та відповідні перерви вважаються покращенням ефективності роботи користувача. Отже, система пропонує кілька дій, але користувач може зробити вибір щодо дії. Залежно від ступеня концентрації та тривалості навчання користувача розраховується необхідність перерви. Це використовується для контролю співвідношення агентів, які мають перерву, і для уникнення вимушеного відчуття, що виникає в результаті лише однієї дії, виконаної одним агентом.

У статті [26] запропонована адаптивна архітектура середовища електронного навчання, яка підтримує персоналізацію за допомогою метамоделі агентів і артефактів (A&A). A&A metamodel зосереджується на моделюванні середовища в дизайні багатоагентних систем (MAS) і моделює сутності в середовищі агентів з артефактами як першокласними сутностями, такими як агенти. З точки зору систем електронного навчання на основі MAS, моделі учнів та навчальні ресурси є частиною середовища агентів, і агенти постійно взаємодіють з ними. Таким чином, запропонована архітектура електронного навчання, яка зосереджена на абстракції середовища, що моделює доступ до різних моделей учнів та навчальних ресурсів з артефактами для підтримки персоналізації.

Основною метою роботи [27] є розгляд комунікаційних моделей в середовищі електронного навчання на основі інтелектуальних агентів. Супроводження студентів на навчанні вимагає аналізу їх цільової аудиторії, на основі всіх вимог, які визначить агент. Розглянута підготовка ІТ-спеціалістів, компетенції яких базуються на широкому спектрі професійних якостей. Проведено порівняльний аналіз моделі змішаного спілкування (blended-learning), традиційної моделі та моделі спілкування в середовищі електронного навчання.

У [28] досліджувалися проблеми та рішення електронного навчання, про які повідомили 223 студенти з обмеженими можливостями, 58 постачальників послуг з обмеженими можливостями кампусу, 28 професорів та 33 спеціаліста з електронного навчання з канадських коледжів та університетів. Усі чотири групи через онлайн-анкету вказали проблеми з: доступністю веб-сайтів та систем керування курсами/навчанням (CMS); доступність цифрового аудіо та відео; негнучкі часові обмеження, вбудовані в онлайн-іспити; PowerPoint проекція даних під час лекцій; матеріали курсу у форматі PDF, а також відсутність необхідних адаптивних технологій. Студенти також згадали про технічні труднощі з використанням електронного навчання та підключення до веб-сайтів та CMS, проблеми із завантаженням та відкриттям файлів, веб-сторінки, які не завантажуються, відеокліпи, які завантажуються занадто довго, погане використання електронного навчання професорами та їх власна недостатність знань у роботі з електронним навчанням. Постачальники послуг людей з інвалідністю також згадали про те, що професори погано використовують електронне навчання, а також поганий доступ до конспектів і матеріалів у багатьох форматах. Фахівці з електронного навчання відзначили труднощі з недоступними конспектами та матеріалами курсу. Професори виділили в основному проблеми, порушені іншими групами. Шістдесят сім відсотків студентів, 53% постачальників послуг, 36% фахівців з електронного навчання та 35% викладачів вказали, що принаймні одна з трьох проблем

електронного навчання залишилася невирішеною. Було обговорено, як різні ролі та точки зору чотирьох груп учасників впливають на їхні погляди, і зроблено рекомендації щодо вирішення виявлених загальних проблем електронного навчання. Згадав погане використання електронного навчання професорами, а також поганий доступ до конспектів курсу та матеріалів у багатьох форматах. Фахівці з електронного навчання відзначили труднощі з недоступними конспектами та матеріалами курсу.

Літературний огляд показав на відсутність в розвитку електронного навчання рішень, які відповідають різним характеристикам студентів. Більшість систем приймають до уваги лише одну або дві характеристики студентів-інвалідів.

1.3 Постановка задачі

Метою даної роботи є розробка проєкту системи електронного навчання, здатної надати кожному учню персоналізований контент, для студентів-інвалідів з порушенням слуху, зору та дислексією на основі багатоагентного підходу. Дислексія це розлад читання – хвороба, що характеризується проблемами з читанням, попри нормальний інтелект та за відсутності порушень слуху і зору.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- дослідити існуючі системи електронного навчання;
- розробити розподілену багатоагентну архітектуру для моделювання процесу комунікації та координації для забезпечення індивідуальної адаптації системи відповідно до моделі учня, яка збирає всю інформацію про студента, та моделі змісту, яка описує навчальні ресурси та їх структуру;
- проаналізувати результати, отримані під час моделювання.

Вимоги до системи:

- враховувати індивідуальні потреби і переваги;

- враховувати три типи інвалідності: порушення слуху, порушення зору та дислексію;
- має бути спроможна знайти шлях для навчання кожного студента;
- мати можливість рекомендувати навчальний шлях до студентів на основі їх вивченого стилю, рівня знання, та для інвалідів.

2 СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ

2.1 Фактори, що впливають на прийняття електронного навчання

Побудова традиційних курсів (face to face), електронного навчання або змішаного навчання в обмежених умовах, які все ще відповідають потребам студентів, є проблемою, з якою сьогодні стикаються багато університетів. Для вирішення цієї проблеми пропонується дослідити існуючі системи електронного навчання.

В [30] оцінили систему управління навчанням для змішаного навчання, використовуючи шість факторів впливу: платформа, студент, викладач, дизайн, курси, середовище та технології. Потім були використовувані статистичні методи для оцінки та аналізу своєї системи.

В [31] оцінили якість мультимедійного контенту системи електронного навчання за чотирма групами факторів: якість системи, якість інформації, якість обслуговування та здатність оцінювати систему на основі розрахунку ваги атрибутів за допомогою процесу аналітичної мережі. Однак вагу, ініціалізовану для атрибутів, потрібно розрахувати ретельно, оскільки це впливає на результати оцінки. В [32] використано чотири групи факторів, що впливають на ефективність систем електронного навчання: інноваційність технологій, обмін знаннями, якість та довіра. Вибірки даних були зібрані від 251 студента, і для оцінки системи використовувалися статистичні методи.

Системи електронного та змішаного навчання використовуються в університетах, і вони надають студентам як онлайн, так і традиційні методи навчання. Курси можуть бути в онлайнівій, традиційній або змішаній формі залежно від кожного навчального закладу. Зазвичай студенти часто потребують допомоги, щоб отримати інформацію про те, яка форма підходить для їхніх навичок та здібностей. Це вирішують асистенти або професори. Однак це вимагає багато ресурсів і іноді не дуже добре виходить. Одним із цікавих підходів є використання методів аналізу даних [33, 34], які,

на основі наявних даних, використовують аналітичний процес для надання інформації про проблему в майбутньому.

Підсумовуючи, можна виділити чотири фактори впливу, включаючи шістнадцять особливостей. Виходячи з цього, вибірки даних, які збираються від студентів, які пройшли курси, мають на меті розв'язати дві різні задачі: по-перше, оцінити вимірювання впливу факторів та ознак на основі методу кластеризації за алгоритмом К-середнього. По-друге, побудувати модель прогнозування, використовуючи методи класифікації, щоб допомогти учням у виборі відповідного методу навчання.

2.1.1 Фактори впливу

Оцінені результати щодо систем електронного навчання використовуються для того, щоб студенти та керівництво могли ефективно розвивати систему. Методи, засновані на складених факторах системи, були використані для досліджень і показали їх доцільність.

Згідно з таблицею 2.1, фактори впливу використовуються для оцінки систем електронного навчання та змішаного навчання, таких як: студент або його активність.

Ці функції поділяються на чотири групи: студенти, викладач, інфраструктура та дисципліна (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Фактори впливу

Таблиця 2.1 – Порівняльні характеристики змішаних баз навчання на впливових факторах

Фактори/Атрибути/Особливості	Метод/Вимірювання/Інструменти
Курс переглянуто, модуль курсу переглянуто, обговорення переглянуто, список екземплярів модуля курсу переглянуто, статус подання переглянуто, подання надіслано, підсумок анкети, візуалізована анкета, оцінка звіту користувача переглянуто, звіт користувача курсу переглянуто	Дерево рішень/Випадковий ліс Екстремальне підвищення градієнта Багатошаровий перцептрон
Якість вмісту, якість інформації та якість системи, самоефективність, суб'єктивна норма, задоволення, доступність, грайливість, простота використання, корисність, ставлення до використання, поведінкові наміри	Статистика/Конвергентна валідність, Вимірювання дискримінантної валідності
Ставлення, предметна норма, контроль поведінки, переконання, нормативні переконання та контрольні переконання, простота використання, корисність	Статистика/Конвергентна валідність, Вимірювання дискримінантної валідності
Налаштування середовища навчання, самостійне навчання, контроль учня, мотивація до електронного навчання, репетиція, організація, опрацювання, тривога тесту, значення завдання, самоефективність	Нелінійна кореляція між інструментом аналізу змінних/Завершення в SPSS
Якість системи, якість інформації, якість обслуговування, привабливість,	Вага атрибутів якості
інституційна, технічна, ресурсна, підготовка, компетентність, інфраструктура, ставлення та соціальна інтеграція	Модель прийняття технології/Теорія планованої поведінки
Студент, викладач, дизайн, курси, середовище, технології	Статистичний
Технологія, педагогіка, мотивація, зручність використання, вміст/матеріал, підтримка учнів, оцінка, майбутні напрямки, співпраця, інтерактивність	Статистичний/SPSS
онлайн-курси, ефективність навчання, методи оцінювання та результати оцінювання	Технології веб-майнінгу

Функції факторів впливу, спрямованих на оцінку системи електронного навчання наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Функції факторів впливу

Категорія	Функція	Опис
Студент	F_1	Рік народження
	F_2	Стать
	F_3	Місце розташування
	F_4	Рік навчання
	F_5	Сфера навчання
	F_6	Середній результат
Викладач	F_7	Вплив викладача
	F_8	Підготовка лекції та матеріалу
	F_9	Обладнання, якість інтернету
Інфраструктура	F_{10}	Вплив системи управління навчанням та служби зберігання
	F_{11}	Вплив середовища регулювання
Дисципліни	F_{12}	Придатність курсу до електронного навчання
	F_{13}	Вплив методу електронного навчання
	F_{14}	Рівень дисципліни
	F_{15}	Вплив оцінки
	F_{16}	Методи навчання

2.2 Оцінка системи електронного навчання за допомогою методу кластеризації

Для обчислення вимірювання впливу факторів, які впливають на систему електронного навчання, обраний метод кластеризації. Вихідні дані, отримані в результаті оцінки системи студентами, перетворюються на набір даних D . Він складається з N рядків, наприклад векторного типу $V(f_1, f_2, \dots, f_N)$

з низкою ознак N . Набір даних D буде застосований для пошуку числа K , яке може розділити набір даних D на K кластерів за допомогою алгоритму K -середнього, де $Cluster(C1, C2, \dots, CK)$ - кластер з N кількістю ознак $C_i = V_i(f_{1i}, f_{2i}, \dots, f_{Ni})$. Тоді вектор факторів $Factor_p$ з ознаками визначений за рівнянням (2.1). Він показує вимірювання впливу факторів і допомагає прийняти стратегічне рішення щодо інвестування фактора або функцій.

$$Factor_p(f_{p1}, f_{p2}, \dots, f_{pK}) = \left(\frac{\sum_{j=1}^M f_{j1}^p}{M}, \frac{\sum_{j=1}^M f_{j2}^p}{M}, \dots, \frac{\sum_{j=1}^M f_{jK}^p}{M} \right) \quad (2.1)$$

з $f_{pj}^1 \in C_1$ та $j=M$.

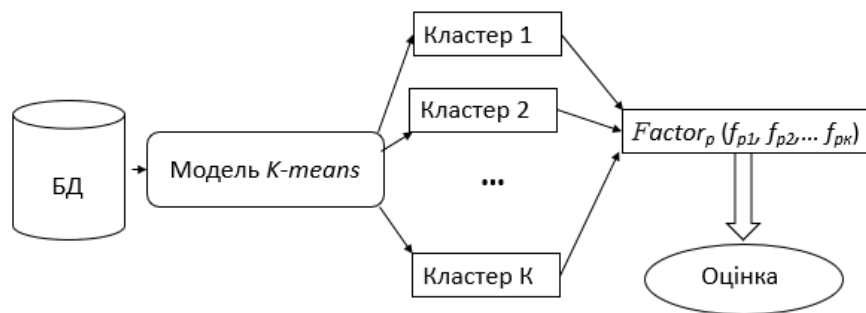


Рисунок 2.2 – Модель кластеризації

За функціями, показаними в таблиці 2.2, побудована модель оцінки впливу на вимірювання (рисунок 2.3). За результатами вимірювань можна удосконалювати систему електронного навчання та надавати студентам інформацію.

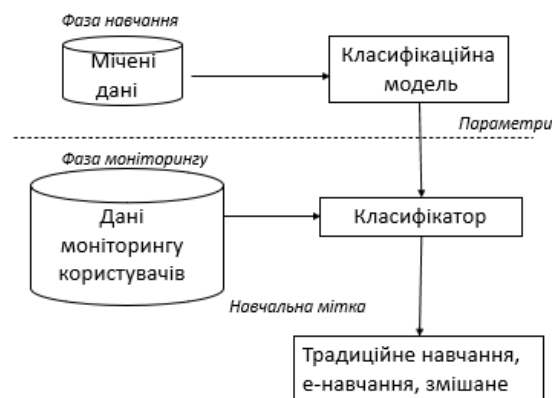


Рисунок 2.3 – Модель вибору методу навчання

Вибір метода навчання здійснюється в 2 етапи. По-перше, етап навчання, на якому навчання даних з мітками використовується для моделі навчання та отримання класифікатора. Мітки даних збираються від студентів, які закінчили курс і оцінили систему на основі пропозицій щодо функцій. Після перетворення даних отримано набір даних з мітками для навчання. За вибраним алгоритмом побудований класифікатор для прогнозування методу навчання, коли студент потребує введення інформації.

По-друге, на етапі моніторингу, після трансформації студентських даних, використовується класифікатор для прогнозування. Результатом прогнозування є електронне навчання, традиційне або змішане навчання. Це може допомогти студенту вибрати відповідний метод вивчення курсу за допомогою такої моделі. Цей також допоможе закладам краще підтримувати студентів, а також урізноманітнити форми навчання та покращити якість навчання.

Метод кластеризації даних заснований на наборі функцій, які використовуються для явного відображення та оцінки ефектів компонентів системи. Результати експериментів показують, що найбільший вплив на систему мав інфраструктурний фактор. Крім того, функція чітко демонструє вплив на основі її вартості. Порядок пріоритету функцій знаходиться на різних рівнях, серед яких найважливішою властивістю вважаються обладнання та якість Інтернету. Далі – служба зберігання, а також підготовка лекції та особливості властивостей матеріалів. Останнє – вплив регулюючої властивості середовища. Наступним важливим фактором є викладач; це неодмінний фактор, оскільки репутація, орієнтація, навички та знання викладачів допомагають студентам отримувати найкращі результати в процесі навчання та дослідження. Отже, отримані результати експерименту показують, що викладач має більший вплив, ніж фактор курсу. Ця інформація дійсно корисна, особливо для університетів на перехідному етапі моделі навчання. отримані результати експерименту показують, що викладач має більший вплив, ніж фактор дисципліни.

У задачі класифікації характеристики даних завжди впливають на результати класифікації. Залежно від мети задачі, різні фактори по-різному впливають на різні системи. Таким чином, кількість і значення атрибутів будуть одним із факторів, що визначають результати моделі. Питання про те, як найкраще закінчити курс, завжди постає перед кожним студентом. Це залежить від багатьох факторів впливу, але ця інформація не завжди повністю надається студентом. Таким чином, модель прогнозує відповідний метод для предмета, який студенти готуються вибрати, щоб досягти результату передбачення високої точності, що забезпечує практичне значення. Це дає студентам впевненість у своєму виборі на основі даних попередніх учнів. Крім того, використовуючи алгоритми класифікації, але на різних наборах даних, це дослідження спрямоване на розуміння факторів, які впливають на процес навчання в університеті.

2.3 Системи адаптивного навчання на основі e-learning

Можно виділити п'ять основних технологій, які використовуються в адаптивних системах навчання: адаптивна презентація, підтримка адаптивної навігації, секвенування навчальних програм, інтелектуальний аналіз рішень студентів та інтерактивна підтримка проблем.

В роботі [29] використовується концепція адаптивного веб-навчання, яка спирається на такі принципи:

- персоналізація навчального процесу, що дозволяє студентам побудувати індивідуальну освітню траєкторію та створити особистий простір навчальних матеріалів;
- варіативність – освітній контент має різні форми викладу;
- періодичність навчання – автоматичне повернення до досліджуваного тематичного змісту, представленого в іншій формі;
- заповнення прогалин у знаннях та навичках, отриманих раніше;
- мотиваційне та інтелектуальне залучення студентів до навчального

процесу;

- досягнення результатів навчання;
- добросесність – формування згуртованого розуміння дисципліни студентами;
- актуальність – освітній контент повинен бути актуальним для студентів і корелювати з контекстом їх майбутньої професійної діяльності;
- роль вчителя перероблюється з мовника знань до організатора та координатора навчального процесу, який надає консультації студентам.

Ці принципи реалізуються при створенні адаптивної системи веб-навчання, яка складається з моделі освітнього контенту, моделі користувача, моделі адаптації та моделі оцінки результатів навчання (рисунок 2.4).

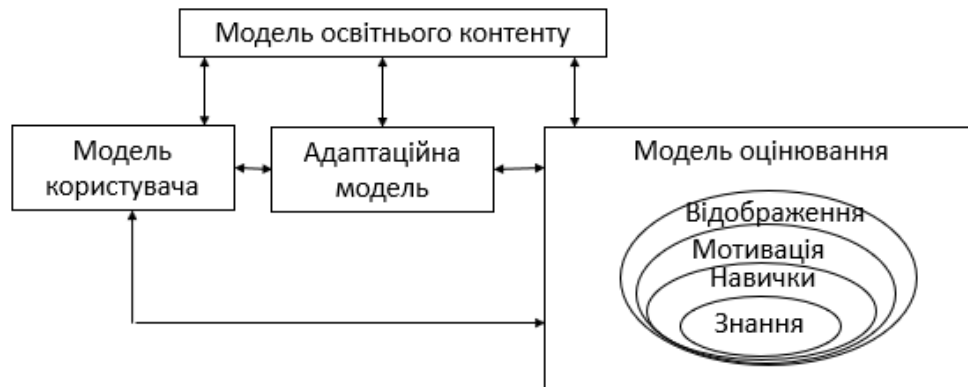


Рисунок 2.4 – Структурна схема адаптивної системи е-навчання

При побудові моделі освітнього контенту використовується підхід, заснований на інтеграції методів логіко-гносеологічного аналізу з методами теорії графів. Використання ієрархії понять дозволяє візуалізувати логічну структуру змісту навчання, визначити послідовність вивчення матеріалу, здійснювати контроль за результатами засвоєння курсу. Предметна область формалізується як складна система фундаментальних, базових, ключових і конкретних понять. Дерево концепцій використовується як основа для визначення термінів. Термін означає послідовність смислових фактів і процесуальних правил, які мають логічну завершеність. Кожен термін становить фрагмент дерева концепцій.

Користувацька модель адаптивної системи е-навчання містить інформацію про студентів, яка необхідна для адаптації навчального контенту до їх індивідуальних особливостей та контролю навчального процесу в середовищі електронного навчання.

Адаптаційна модель системи веб-навчання включає автоматизовану навігаційну систему та адаптацію навчального контенту, що враховує індивідуальну характеристику студента. Для адаптації навчального контенту кожен термін надається в трьох різних варіантах, які відрізняються рівнем деталізації і формою представлення: текст, графіка, таблиці, аудіо- і відеоматеріали, інтерактивні ресурси. Навігація по навчальному змісту здійснюється на основі досягнутого рівня навчального матеріалу.

Модель оцінювання адаптивної системи е-навчання призначена для визначення рівня розвитку предметної компетентності студента шляхом оцінювання всіх її компонентів: знання компонента компетенції, навичок компонента компетентності, мотиваційного компонента предметної компетентності та рефлексивного компонента.

Постійно зростаюча пропозиція студентам онлайн навчальних матеріалів ускладнює пошук конкретної інформації з пулів даних. Системи персоналізації намагаються зменшити цю складність за допомогою адаптивних систем електронного навчання та рекомендаційних систем (РС). РС, що засновані на алгоритмах машинного навчання, мають широке поширення. Однак, існують проблеми у вигляді дефіциту даних, масштабованості, витрат часу та точності, тощо. У контексті електронного навчання РС може надати пропозиції щодо ознайомлювальних заходів до того, як спробувати навчальні модулі, також надає персоналізовані рекомендації щодо навчальних матеріалів на основі навчальних інтересів і шляху навчання в онлайн-системах та формує “матриці ресурсів оцінки користувачів”.

Розглянемо п'ять основних областей, пов'язаних з цією темою:

1. рекомендаційні методи;

2. дані, що використовуються в РС;
3. методи машинного навчання в РС;
4. оцінка рекомендаційних систем;
5. архітектура гібридної рекомендаційної системи.

2.3.1 Рекомендаційні методи

Існує три рекомендації підходів – спільна фільтрація (CF), рекомендації на основі контенту (CB) і гібридна рекомендаційна система. Рекомендація на основі вмісту ґрунтується на визначенні характеристик, подібних до тих, яким користувач надавав перевагу в минулому, і відповідній рекомендації.

Архітектуру СВ РС складається з трьох компонентів – аналізатор вмісту, програма навчання профілю (генератор) і компонент фільтрації. Аналізатор вмісту збирає вміст елементів із різних джерел інформації та витягує уявлення об'єктів за допомогою методів вилучення ознак. Програма, яка вивчає профіль, застосовує методи машинного навчання до представлення елементів і узагальнює дані користувача, щоб створити профіль користувача на основі попередніх симпатій і антипатій. На останньому кроці компонент фільтрації узгоджує профіль користувача з елементами, які слід рекомендувати. Рекомендації щодо спільної фільтрації ґрунтуються на поведінці користувачів або оцінках рекомендованих елементів. Він рекомендує товари, які сподобалися подібним користувачам, і досліджує різноманітний можливий вміст. Отримавши доступ до профілю студента, РС може отримати доступ до інформації про вік, країну, попередню навчальну діяльність, освіту тощо. За допомогою цієї інформації РС може знайти учнів із подібними навчальними перевагами та запропонувати відповідні навчальні матеріали. Алгоритм CF знаходить або прогнозує рейтинги, або рекомендує список з N основних елементів.

Гібридна рекомендація – це комбінація СВ та CF, яка поєднує характеристики обох підходів шляхом злиття окремих прогнозів в один або

додавання інформації про вміст до спільної моделі або за допомогою середньозваженого вмісту та спільних рекомендацій або отримання остаточних рекомендацій на основі комбінованого рейтингу.

Рекомендації на основі знань Деякі рекомендаційні системи, що використовуються в електронному навчанні, є семантичними або заснованими на знаннях. Вони включають підходи на основі контексту та онтології. Системи базуються на знаннях і об'єднують знання про вміст і про зацікавлені сторони процесу рекомендацій через онтологію. Для електронного навчання це означає, що такі системи відображають релевантні учню навчальні ресурси за допомогою використання реляційних знань.

Усі рекомендаційні системи (RS) засновані на одній з вищенаведених архітектур, присутні в усіх рекомендаційних системах і становлять основу, в рамках якої вирішуються конкретні рекомендаційні завдання.

2.3.2 Дані, що використовуються в РС

Системи рекомендацій залежать від даних, що збираються неявно або явно. Неявні дані є необробленими даними і поділяються на дві категорії: навмисно зібрані з доступних потоків даних (наприклад, історія пошуку, кліки користувачів і журнали натискань клавіш) і “вичерпні дані”, які є побічними продуктами діяльності користувачів, які можуть або не можуть використовуватися. Відкриті дані збираються за допомогою реєстраційних форм або інформації профілю, наданої користувачами. Їх також можна отримати з оцінок користувачів, наданих в Інтернеті. Разом ці дані утворюють вхідні дані для моделей, створених за допомогою методів машинного навчання (ML), які передбачають уподобання користувачів, хоча точність останніх явно залежить від якості та обсягу даних. З точки зору технік машинного навчання для обробки таких даних, більшість сучасних рекомендаційних систем засновані на архітектурах глибокого навчання, які “забезпечують потужну структуру для навчання під керівництвом”.

2.3.3 Методи машинного навчання в РС

В [35] визначили “апроксимація основної параметричної функції” як основна технологія, на якій базуються більшість сучасних глибоких мереж із прямим зв’язком (FDN). Автори ототожнюють термін “прямий зв’язок” з мережевим вводом, який переміщується від функції до функції під час обчислювальної оцінки на предмет наближення до мети. FDN є будівельними блоками для багатьох сучасних нейронних мереж, включаючи згорткові нейронні мережі (CNN), рекурсивні нейронні мережі (RNN), мережі глибоких переконань (DBN) та інші. Зараз ці системи широко використовуються в різних галузях, в основному для розпізнавання об’єктів і мовлення та обробки природної мови (NLP), а також для рекламних і рекомендаційних систем. У таких випадках метою є наближення елемента або інформації до користувача.

2.3.4 Оцінка рекомендаційних систем

Наведене вище обговорення продемонструвало, що існує значна пропозиція потенційно придатних архітектур і алгоритмів, коли дизайнери вводять нову систему рекомендацій до програми. Такі рішення приймаються на основі експериментів, показників продуктивності та оцінки, які забезпечують рейтинг можливих алгоритмів. Існує три типи експериментів для оцінки РС – онлайн, офлайн та дослідження користувачів. Експерименти в автономному режимі використовують наявні набори даних і протоколи, які відтворюють дії користувачів і вимірюють точність прогнозу. Дослідження користувачів ґрунтуються на використанні системи РС обмеженою кількістю користувачів та їх відгуках. Онлайн-експерименти оцінюють використання систем РС в режимі реального часу.

Вибір систем і алгоритму базується на оціночних метриках. Найбільш часто використовувані оцінювальні метрики. Відкликання, точність,

середньоквадратична помилка, середня абсолютна помилка і F-міри. Відкликання оцінює рекомендації РС, засновані на перевагах користувачів – чим більше відкликання, тим точніше рекомендація – тоді як точність вимірює відсоток лайків користувачів з точки зору всіх рекомендацій. Таким чином, висока точність прирівнюється до рекомендацій щодо якості. Середньоквадратична помилка вимірює похибку в прогнозованих рейтингах, які в ідеалі повинні бути низькими.

Вищезазначене надає широкий огляд поточних рекомендаційних підходів для систем електронного навчання та архітектур глибокого навчання. Успіх системи рекомендацій залежить від методів навчання (контрольованих чи без нагляду), інноваційного підходу до розробки алгоритмів, який порушує “ящикоподібну” природу CNN, області застосування, точності наборів даних, а також підходів до перевірки та оцінки.

2.3.5 Архітектура гібридної рекомендаційної системи.

Попередня оцінка РС чітко визначила, що гібридне рішення є найбільш підходящим на основі його здатності подолати проблеми, які існують у методах СВ та CF, якщо їх застосовувати окремо. Використовуючи обидва методи, використовуються переваги кожного, що пом’якшує проблеми холодного запуску та розрідженості даних. Архітектура гібридного рішення заснована на трьох модулях.

Перший модуль – це модуль введення або збору даних, де дані від користувачів збираються або з журналу історії студентів у базі даних, або за допомогою реєстраційної форми, заповненої користувачами; отже, дані можуть бути неявними та явними. Дані також можна отримати з онлайн-активності учнів за допомогою методів аналізу даних, витягуючи їхні інтереси, уподобання та моделі навчання. Це визначає результативність учнів і вимірює, чи досягає учень своїх навчальних цілей. Стиль навчання

студентів також можна зібрати за допомогою тестових оцінок, які оцінюють студентів від 0 до 25 у кожному стилі навчання. Щоб дати точні рекомендації учням, збір даних у цьому модулі має бути максимально конкретним. Учні також можуть оцінити навчальний зміст за шкалою від 1 до 5. Ці рейтинги беруться за основу для реалізації алгоритмів CF.

Другий модуль обробки рекомендацій є основним модулем, де зібрані дані фільтруються та очищаються, видаляючи непотрібні дані або шум. Потім система на основі вмісту аналізує описи елементів відповідно до вподобань користувача за допомогою алгоритмів машинного навчання. Це визначає елементи з високим рівнем подібності з описів, збережених у профілі користувача, з якого складається список рекомендацій. З іншого боку, спільна фільтрація створює набір даних на основі уподобань користувача та генерує матрицю подібності або індекс найближчого сусіда з використанням ряду алгоритмів машинного навчання, щоб зіставити активних користувачів із подібними іншими та їхніми уподобаннями. А Для визначення кореляції між користувачами можна застосувати коефіцієнт кореляції Пірсона.

У вихідному модулі результати CB і CF порівнюються і на основі розрідженості даних список може бути обраний як кореляція для другої методики для створення списку рекомендацій. Таким чином, користувачі отримують вихідний вміст із навчальним вмістом, таким як навчальні об'єкти, матеріали, види діяльності або навчальні шляхи, які знаходяться в списку N верхніх рекомендацій.

Оскільки використовуються як CB, так і CF, це певною мірою вирішує проблему холодного запуску та розрідженості даних, тому не виникає проблем, коли до системи додається новий елемент або до системи приєднується новий користувач. Це три особливі випадки, які обробляються гібридною системою рекомендацій. Коли додається новий учень, його оцінка недоступна в системі. У цьому випадку система враховуватиме рекомендаційну цінність викладача та оцінки, зібрані від подібних

користувачів із схожими стилями навчання. Таким чином, точне прогнозування може бути забезпечено, навіть якщо в системі доступні мінімальні рейтинги. Інший випадок, коли в систему додається новий навчальний контент. Для цього також спочатку не буде оцінок, хоча ці дії складаються з метаданих, таких як складність навчання, автор, версія тощо. Таким чином, алгоритми СВ використовують рекомендації викладача. Пізніше, коли будуть отримані оцінки користувачів, для більш точних результатів використовується методика CF. Третій сценарій полягає в тому, що гібридна система виявляє розрідженість даних, що характерно для великої кількості користувачів і навчальних матеріалів у будь-якій системі. Ця проблема виникає, коли оцінено лише невеликий обсяг навчального матеріалу. У таких випадках рейтинги студентів збираються, коли вони беруть участь у навчальній діяльності, оцінюванні чи оцінці діяльності під час використання онлайн-системи. Таким чином, оцінки матеріалів збираються разом із розрахунками подібних шляхів, за якими йдуть різні студенти.

Таким чином, гібридні системи мають значні переваги, хоча, зокрема, СВ і CF все ще широко використовуються як самі по собі в різних комбінаціях (тобто на основі сусідів або на основі класифікатора). Однак існують атрибути та екземпляри, які є спільними для більшості рекомендаційних систем. Інші спільні риси впливають із проблем, які ці системи намагаються подолати.

3 АРХІТЕКТУРА БАГАТОАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Модель системи електронного навчання

Інтелектуальні системи репетиторства дають можливість студентам отримати освітні ресурси, які задовольняють їхні потреби чи інтереси. Більшість методів, що застосовуються для адаптації, засновані на індивідуальних особливостях учня з метою створення персоналізованого навчального змісту. Найбільш вживаними символами та перевагами в адаптивних середовищах електронного навчання є знання. Інтелектуальні системи навчання пропонують учням можливість отримати освітні ресурси, які задовольняють їхні вимоги чи інтереси. Більшість методів, що застосовуються для адаптації, засновані на індивідуальних особливостях учня з метою створення персоналізованого навчального змісту. Найбільш часто використовувані символи та уподобання в адаптивному середовищі електронного навчання – це знання. Запропонована система електронного навчання призначена для того, щоб рекомендувати персоналізований, корисний та цікавий навчальний ресурс на основі характеристик та уподобань учнів. Основними компонентами, що використовуються в цій системі, є модель для навчання, модель вмісту та модель адаптації. Ці компоненти взаємодіють між собою, забезпечуючи індивідуальну адаптацію системи відповідно до моделі учня, яка збирає всю інформацію про студента, та моделі змісту, яка описує навчальні ресурси та їх структуру. Ця система намагатиметься вибрати найбільш підходящу структуру змісту для кожного студента, беручи до уваги його стиль навчання, рівень знань та інвалідність.

3.1.1 Модель вмісту

Модель змісту містить навчальні ресурси, структуровані таким чином, що полегшує процес адаптації при використанні інтелектуальних систем

електронного навчання. Прийнята модель складається з чотирьох шарів, представлених у вигляді ієрархічної мережі з чотирьох рівнів: курс, тема, навчальний блок та навчальний об'єкт (НО), як показано на рисунку 3.1.

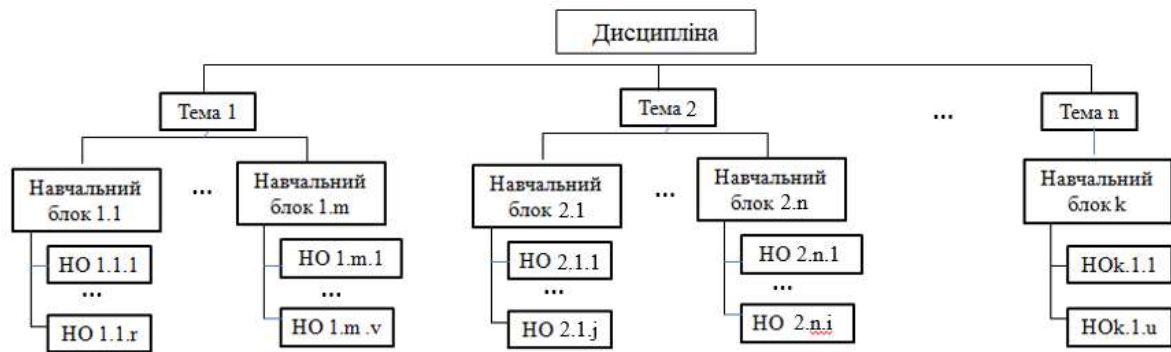


Рисунок 3.1 – Організація курсу

Шар “Курс” розташований в верхній частині і представляє корінь моделі структури вмісту. У цьому контексті, курс буде складатися з серії з тем відповідних для самих різних концепцій навчання на більш конкретну область. Під коренем курсу є кілька тем, кожна з яких стосується виключно певного елемента курсу. Третій шар, “Навчальний блок”, містить самі різні одиниці навчання, які мають справу з частиною курсу (глави), це блоки навчання в вигляді рівня, який буде класифікований в першу чергу, як початківець, проміжний або просунутий, кожна категорія визначає його важливість для учня відповідно рівню знань. Четвертий рівень містить НО, які пов'язані з навчальним блоком. Навчальний об'єкт являє собою найменший елемент пропонованої декомпозиції. Кожен елемент даної структури повинен бути добре проіндексований для наступної мети пошуку та повторного використання навчального матеріалу. З цієї причини всі елементи у спроектованій структурі можуть також додавати метадані, які є інформацією про сам компонент. Ці метадані можуть включати заголовок, автора, рівень освіти, рівень складності, рівень та тип інтерактивності тощо. Застосовуючи метадані, пошук та розпізнавання навчального матеріалу стає

простішим, оскільки він може містити різну інформацію, яка може бути використана як ідентичність для певного НО. У контексті визначених методів онтології в таблиці 3.1 розглядаються метадані, які можуть бути використані для кожного елемента, описаного на рисунку 2.1.

Таблиця 3.1 - Метадані компоненту курсу

Компонент	Метадані
Курс	ім'я, рівень складності, опис курсу, мова курсу, тривалість курсу
Тема	назва, рівень розділу, передумова, опис розділу
Навчальний блок	ім'я, мета, передумова, рівень одиниці,
НО	ID-НО, ім'я, автор, дата створення, передумова, остання зміна, рівень складності, ключове слово, рівень інтерактивності, тип інвалідності, тип формату, тип зв'язку

3.1.2 Модель учня

Адаптивні системи зазвичай використовують різні користувацькі дані залежно від мети адаптації. У цьому підході користувач є студентом, тому система повинна мати можливість адаптувати навчальний досвід відповідно до потреб студентів. Оскільки існує широкий діапазон характеристик учнів, які можуть бути використані в моделі учнів, необхідний вибір відповідних характеристик. Модель учня вважається повною, якщо вона включає історію навчання, прогрес учня в поточному навчальному елементі, стиль навчання та інші типи інформації про учнів [11]. Модель запропонованої системи базується на п'яти вимірах:

1. Загальна особиста інформація: ім'я, вік, стать тощо, як правило, залишається незмінною протягом усього використання системи;

2. Особисті уподобання, такі як бажаний домен, мова та тип носія;
 3. Виміри інвалідності представлені трьома типами інвалідності, а саме порушенням слуху, порушенням зору та дислексією. Ці інваліди описуються в тій мірі, яка стосується тяжкості інвалідності, і вона приймається як значення: низька, середня та важка;

4. Стилi навчання визначаються відповідно до моделі Фельдера-Сільвермана [4];

5. Інформація про статус особистого навчання, яка поєднує рівень знань, історію та цілі навчання, щоб створити адаптовану адаптацію. Цей тип інформації буде постійно оновлюватися в процесі навчання.

Рисунок 3.2 описує онтологію, яка використовується для визначення цих вимірів. Профіль учня пояснює, хто навчається найкраще.

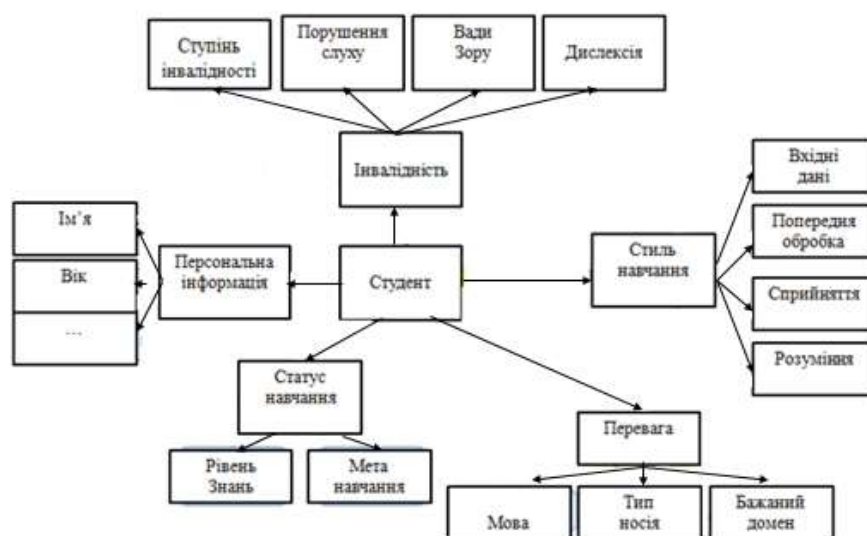


Рисунок 3.2 – Онтологія студента

Це стандартне представлення даних учнів, які можна збирати двома способами: безпосередньо від студента або шляхом аналізу його результатів за допомогою системи управління навчанням [11]. Під час першої взаємодії учня із системою та після надання особистої інформації та типу інвалідності, той, хто навчається, бере анкету ILS для визначення стилю навчання згідно з FSLSM [12]. Потім, і після того, як він / вона обирає курс для вивчення, учня

просять скласти початковий тест, щоб визначити рівень свого знання, а потім побудувати профіль учня. Усією цією інформацією керує Агент.

3.1.3 Модель адаптації

Модель адаптації має на меті створити відповідний навчальний шлях для покращення навчання. Вона використовує інформацію, що зберігається в Моделі учня та Моделі змісту, щоб надати відповідні рекомендації. Модель адаптації забезпечує послідовність НО відповідно до стилю навчання, рівня знань та обмежених можливостей студента. Цей підхід базується на алгоритмі Q-Learning, щоб вирішити, яким шляхом навчання піти, щоб збільшити результати навчального процесу. Як представлено в Моделі змісту та, вибравши навчальну одиницю, студент може переглядати різні НО вибраної навчальної одиниці. Навчальний блок може містити теоретичні файли, приклади, вправи, вікторини, схеми тощо. Студент може переглядати ці елементи (читаючи теоретичний файл, переглядаючи приклад, розв'язуючи вправу, беручи вікторину). Завдання системи – вибрати НО та дії, які слід зробити для більш збагачуючого процесу навчання відповідно до профілю учня. Для цього обраний алгоритм Q-Learning, який базується на станах та діях. Стан в цьому підході – це НО, а дії – це відносини, які їх пов'язують. Кожна дія має чітко визначену винагороду, і алгоритм вибере шлях із максимальними винагородами. Завдання рекомендації надає Агент адаптації.

3.2 Розподілена архітектура багатоагентної системи

У роботі пропонується розподілена архітектура, заснована на мультиагентному підході для моделювання процесу комунікації та координації, що дозволяє запропонованій системі електронного навчання рекомендувати НО, адаптовані до профілю студента відповідно до його

характеристик та уподобань.

Для розробки цієї розподіленої моделі використовується набір автономних агентів, які забезпечують поведінку (завдання та дії, які потрібно виконати), щоб шукати та розробляти адекватну відповідь для студентів. Ця архітектура взаємопов'язана з двома системами (двома платформами), а саме мультиагентною платформою, розробленою на Java, та системою Moodle LMS, розробленою з PHP.

Для підтримання процесу комунікації та координації між цими двома системами було прийнято набір веб-служб разом із спільною базою даних між ними, щоб полегшити доступ до інформації та забезпечити легку роботу системи [13].

На рисунку 3.3 показана прийнята багатоагентна архітектура для реалізації запропонованих моделей для адаптації НО.

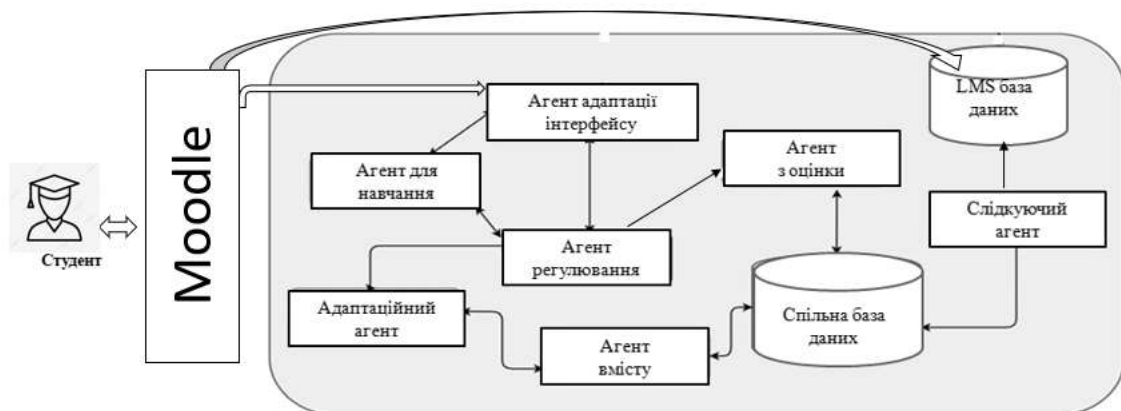


Рисунок 3.3 – Архітектура багатоагентної системи

Ця архітектура базується на інтелектуальних агентах, кожен агент характеризується набором поведінки та ролей, тобто способом пошуку даних та способом обробки та адаптації результатів відповідно до запитів інших агентів, не забуваючи про аспект кожної агентської автономії. Ці агенти взаємодіють між собою, забезпечуючи індивідуальний контент, адаптований до характеристик профілю студентів. У цьому випадку кожен агент оснащений базою знань, представленою сценаріями, яких слід дотримуватися, коли система відповідає тим самим запитам.

Кожна сутність агента змодельована послідовністю ролей та завдань (рис. 3.4), які будуть виконуватися відповідно до потреб системи. Процес координації виконується динамічно, кожен агент може запитувати інформацію або дані у інших агентів.

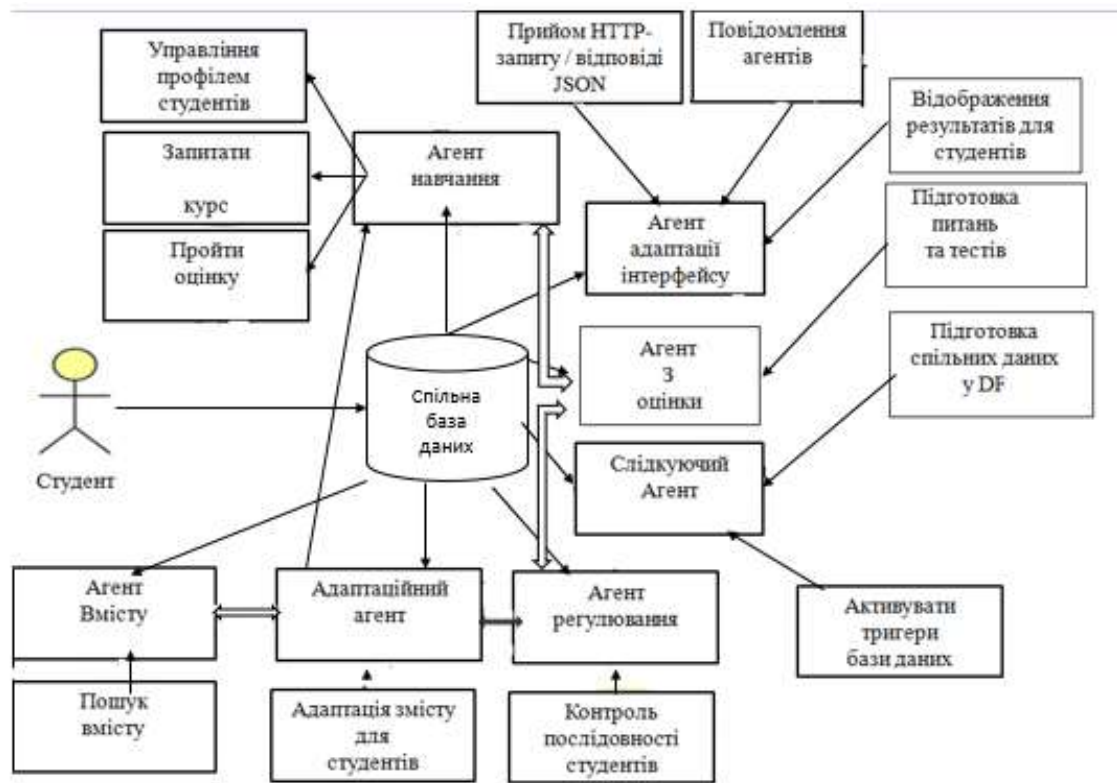


Рисунок 3.4 – Модель завдань агентів

Топологія з'єднаних елементів дає можливість мати високозв'язану архітектуру. Ця структура дозволяє системі оптимізувати процес міжагентського спілкування, а також прискорити швидкість роботи агентів для досягнення найкращих результатів за короткий час. Процес комунікації між агентами характеризується протоколом зв'язку, який визначається використовуваною платформою розробки. Щоб відкрити послідовність комунікацій між двома агентами, необхідно спочатку розпочати аутентифікацію агентів, щоб завантажити профіль кожного об'єкта. Тоді канал зв'язку буде зарезервований для обміну даними та діями відповідно до набору команд (INFORM, REQUEST, RESPONSE). Весь процес спілкування

буде збережено у базі даних, яка буде пов'язана з базою даних LMS.

Ця ланка має на меті відокремити структурну архітектуру системи Moodle від нашої орієнтованої на агенти архітектури (Рисунок 3.5), не забуваючи, що онтологічна архітектура також адаптована та трансформована в базову структуру системи Moodle для полегшення процесу ін'єкцій та консультацій даних.

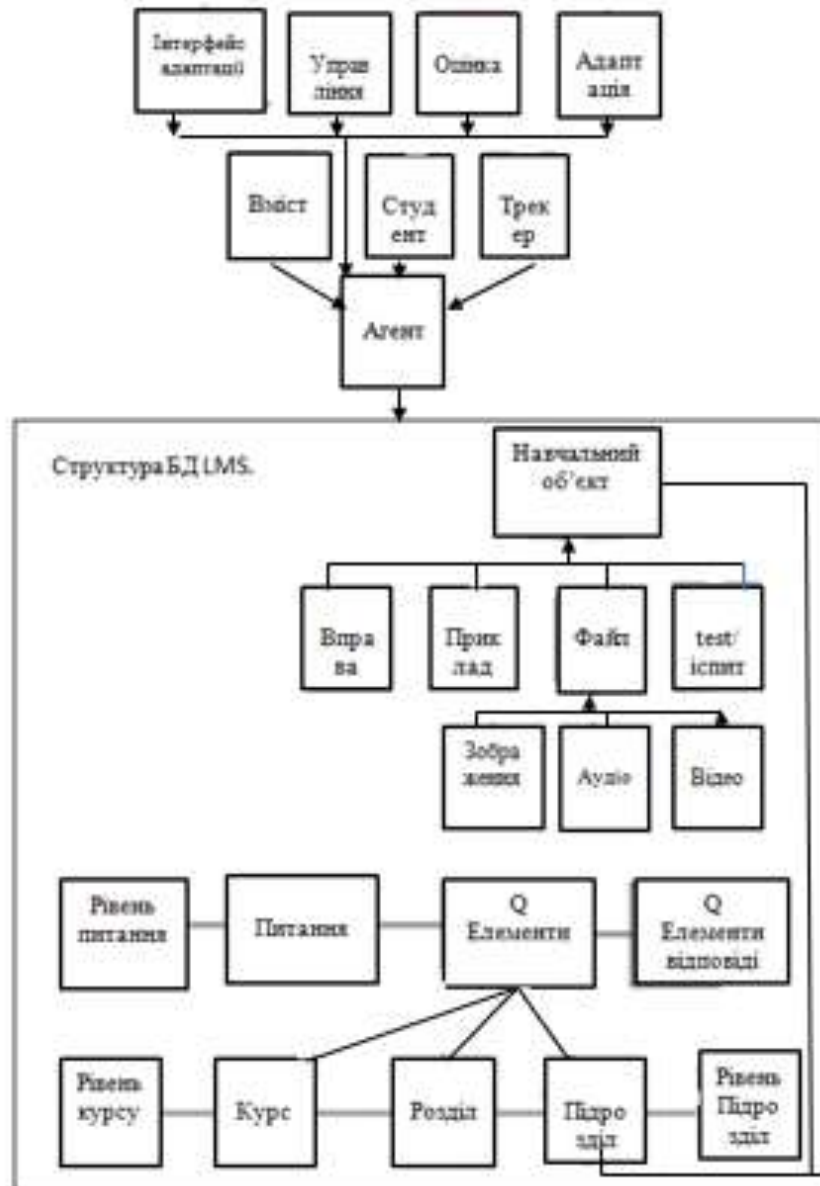


Рисунок 3.5 – Агентно-орієнтована модель взаємодії між мультиагентною платформою та Moodle

Для синхронізації даних між двома базами даних був використаний набір тригерів, що надаються системою управління базами даних для

модифікації вмісту кожної таблиці без проходження графічного інтерфейсу користувача.

3.3 Опис агентної моделі системи електронного навчання

Модельована архітектура базується на декількох агентах. Ці агенти призначені для спілкування та обміну даними з метою надання студентам відповідної інформації, наприклад, адекватних навчальних ресурсів, які відповідають їхнім характеристикам та уподобанням. Агенти в цій системі повинні співпрацювати для здійснення процесу адаптації НО. У архітектурі існує два типи агентів. Перший тип створюється один раз і являє собою єдину сутність, яка буде доступна для виконання всіх обчислень та обробки, необхідних для задоволення запитів агентів. Цей підхід дозволяє зменшити кількість агентів та централізувати процес обчислення в об'єктах, що мають ролі та методи обчислення, заздалегідь підготувати вхідні значення, які будуть використані іншими агентами. Інший тип агента (наприклад, агент для навчання) буде пов'язаний зі студентами, які шукають курси в системі. Цей підхід дозволить створити для кожного студента екземпляр агента, що навчається, який контролює його / її профіль і дасть системі можливість розподілити процес обчислення та поділитися інформацією між студентами. Цей механізм дозволить зробити декомпозицію глобальної системи з підсистемами для кращого управління життєвим циклом кожного учня.

3.3.1 Агент інтерфейсу адаптації

Агент інтерфейсу адаптації управляє всім зв'язком між інтерфейсом та системою (рис. 3.6). Цей агент діє як посередник, який повідомляє запити студента відповідним агентам, а потім представляє навчальний матеріал у відповідному для студента форматі.

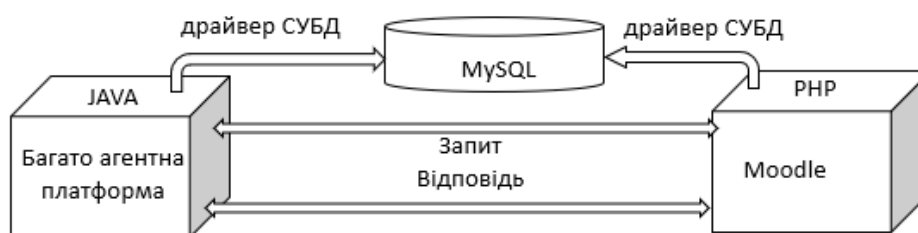


Рисунок 3.6 – Модель зв'язку між використовуваними платформами

Для реалізації цього агента змінено вихідний код Moodle LMS, щоб інтегрувати Менеджер НООК. Ці елементи необхідні для інтерпретації запитів студентів та користувачів системи Moodle для адаптації її до мультиагентної системи. У мультиагентній архітектурі повинні бути тригери, роль цих тригерів полягає в тому, щоб інформувати / надсилати запит чи запит агенту для виконання завдання відповідно до параметрів, введених у запит. Щоб увімкнути цей зв'язок, системі знадобиться інтерфейс між двома різними типами мови програмування, а саме об'єктно-орієнтованим PHP, з яким розробляється система Moodle, та об'єктно-орієнтованою Java, яка використовується для налаштування автономних агентів. Взаємодія між цими агентами здійснюється за допомогою веб-сервісів. Роль цих веб-служб полягає в надсиланні HTTP-запитів між двома платформами з метою розробки проміжного програмного забезпечення для зв'язку або мосту зв'язку між двома системами.

3.3.2 Агент для навчання

У системі кожен студент матиме власного навчального агента, мета якого полягає у створенні розподіленої системи, де кожен студент має власні уподобання, характеристики та педагогічні орієнтації. Як тільки студент увійде в систему управління вмістом, буде створено агент, який інкапсулює особисті дані цього учня. Слід зазначити, що для того, щоб мати канал зв'язку з іншими агентами, треба пройти через цього агента. Навчальний агент відповідає за збір інформації та зберігання та управління даними в

профілі студента. Цей агент періодично спілкується з набором агентів, а саме агентом інтерфейсу адаптації та агентом управління. Цей агент характеризується двома основними ролями:

1. Розрахунок рівня знань: кожен студент повинен пройти початковий тест для певного курсу. Результати цього тесту будуть оброблені для визначення рівня знань студента відповідно до категорії “новачок”, “середній рівень” або “просунутий”;

2. Розрахунок стилю навчання: студент повинен взяти анкету ILS. Ця анкета містить 44 запитання [11]. Агент, який навчається, обробляє відповіді, що надаються учнем, і обчислює стиль навчання відповідно до моделі FSLSM. Стили навчання будуть використовуватися нашими агентами для підготовки навчального змісту відповідно до характеристик та потреб учня.

3.3.2 Агент регулювання

Роль агента регулювання полягає в управлінні процесом обчислення агентів та полегшенні доступу до інформації, щоб пришвидшити час розрахунку в системі. Цей агент підтримує процес синхронізації між агентоорієнтованою системою та платформою Moodle. Цей агент контролює життєвий цикл агента. Іноді система може мати аномалії у виконанні агентів, або в системі може відбуватися переробка, що є звичним при використанні Java. Отже, є автоматичне рішення, яке дозволяє створити набір завдань Stop (заплановані завдання), які будуть виконуватися у фоновому режимі, щоб очистити кеш агента та перезапустити агенти в блокувальному стані, або ж знищити агента та перезапустити це знову.

3.3.4 Агент оцінки

Кожен курс та одиниця в системі характеризується оцінкою, яка допомагає нам позиціонувати студента в його процесі навчання. У нашому

випадку ми маємо три різні типи оцінювання, а саме початкові тести, післятести та іспити. Цей агент може завантажити список оцінок, пов'язаних з кожним курсом/підрозділом, щоб оцінити рівень знань студента на кожному етапі навчального процесу. Цей процес необхідний для того, щоб оцінити рівень навчання студента та перевірити, чи запропоновані системою НО його покращили.

3.3.5 Агент адаптації

Агент адаптації відповідає за генерування навчального шляху до студента відповідно до даних, отриманих від Агента контролю та Агента навчання. Агент адаптації спілкується з Агентом вмісту з проханням про те, що НО відповідають стилю навчання, рівню знань та інвалідностям студента. Після отримання цих даних Агент адаптації застосовує алгоритм Q-Learning для вибору найбільш вигідного навчального шляху для поточного учня, який зберігатимися в базі даних. Агент адаптації реєструє результати адаптації, щоб її можна було повторно використовувати.

3.3.6 Агент вмісту

Агент вмісту відповідає за пошук НО в базі даних відповідно до запиту, надісланого агентом адаптації. Він шукає НО, які відповідають стилям навчання, рівню знань та інвалідностям студента для даної навчальної одиниці. Для кожного підрозділу визначений список НО, тому Агент вмісту запустить запит на вибір та отримання списку НО з фільтром, оптимізованим відповідно до профілю студента. Ієрархічна структура навчальної дисципліни полегшує процес пошуку та формування належних ресурсів для учня. Потім вміст, обраний цим агентом, буде представлений учню і збережено в базі даних. Якщо цей агент отримає той самий профіль, він просто звернеться до цієї таблиці для отримання вмісту, таким чином можна зменшити час запитів.

3.3.7 Слідкуючий агент

Розроблена система – це гібридна платформа, що складається з двох модулів. Модуль для управління курсом та побудови, який контролюватиме Moodle LMS, та інший, присвячений архітектурі мультиагентів. Щоб синхронізувати два модулі, розроблений механізм синхронізації для адаптації вмісту та даних зберігається в Moodle. Для виконання цього завдання розроблені тригери на рівні бази даних та набір хуків для інкапсуляції студентських HTTP-запитів. Роль агента відстеження полягає у виявленні всіх нових подій у системі. Він використовуватиме ці хуки для фільтрації запитів від студентів та створення екземплярів та запуску відповідних агентів.

4 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АДАПТАЦІЇ ЗМІСТУ

4.1 Визначення E-learning, M-learning та D-learning

У навчальному процесі засоби візуалізації виконують інформаційну і пізнавальну функції, а саме: ознайомлення з явищами і процесами, які не можуть бути відтворені; ознайомлення із зовнішнім виглядом об'єкта, явища в його сучасному вигляді і в процесі розвитку або зміни; наочне уявлення про порівняння або зміну характеристик об'єкта, явища або процесу; наочне уявлення про принцип дії об'єкта, управління ним, техніці безпеки тощо. Разом із поясненням викладача, наочні засоби покликані забезпечити формування образного уявлення, повноцінне розкриття навчального матеріалу, проілюструвати причинно-наслідкові зв'язки [36].

У 21 столітті технології відіграють вирішальну роль у нашому повсякденному житті, і це змушує професіоналів, викладачів та учнів знову замислитися над своїми основними переконаннями, щоб використовувати технологію для перепроєктування або реінжинірингу системи освіти та навчання. Крім того, ці технологічні пристрої відіграють важливу роль, допомагаючи учням і вчителям отримати від них більше переваг. Однак терміни електронне навчання (e-learning), мобільне навчання (m-learning) і цифрове навчання (d-learning) використовуються байдуже або як доповнювач для означення технологічного навчання. Електронне навчання є альтернативою традиційній освіті, а також може бути доповненням до неї. З іншого боку, m-learning є доповненням як до традиційного, так і до електронного навчання. М-навчання дозволяє учням взаємодіяти зі своїми навчальними ресурсами, коли вони знаходяться далеко від свого звичайного середовища навчання. Завдяки m-learning студенти можуть легко купувати електронні книги та завантажувати їх на свої пристрої, і це більше не є новинкою для учнів, але "це звичайний, поширений засіб навчання, на який покладаються тисячі закладів після середньої освіти та мільйонів робочої

сили”. М-навчання є підмножиною електронного навчання, а електронне навчання – це макроконцепція, яка включає мобільне навчання, а також онлайнове середовище. “М-навчання – це електронне навчання за допомогою мобільних обчислювальних пристроїв: Palms, Windows CE машини, навіть ваш цифровий мобільний телефон”. D-learning є інструментом, який вирішує численні проблеми, з якими стикаються навчальні заклади, лідери громад, а також політики, і він допомагає учням підключатися у віддалених районах “з високоякісними курсами коледжу та підготовки до кар’єри, які викладають висококваліфікований вчитель, який не працює всередині своєї школи”. Крім того, d-learning також може бути дуже корисним для викладачів, які стикаються з багатьма перешкодами, щоб задовольнити потреби студентів. І використання цих технічних термінів іноді плутає користувачів з поняттями онлайн-навчання або електронного навчання, m-learning, а також d-learning.

“Термін “цифрове навчання” означає будь-яку навчальну практику, яка ефективно використовує технології для посилення навчального досвіду студента та охоплює широкий спектр інструментів і практик:

Інтерактивний навчальний ресурс, цифровий навчальний контент (який може включати вміст з відкритою ліцензією), програмне забезпечення або моделювання, які залучають студентів до академічного змісту;

Доступ до онлайн-баз даних та інших первинних документів;

Використання даних та інформації для персоналізації навчання та забезпечення цільового додаткового навчання;

Онлайн та комп’ютерне оцінювання;

Середовища навчання, які дозволяють налагодити повну співпрацю та спілкування, що може включати співпрацю студентів із експертами з контенту та однолітками;

Змішане навчання, яке відбувається під безпосереднім наглядом інструктора в навчальному закладі і, шляхом онлайн-доставки навчання з деяким елементом контролю учня за часом, місцем, шляхом або темпом.

4.2 Методика моделювання

Навчальний процес потребує впровадження нових технологій, що забезпечить належну якісну підготовку фахівців у багатьох галузях до роботи у швидко змінюваному високотехнологічному середовищі. Універсальним засобом навчання є візуалізація, яка відображає різноманіття конкретних явищ, предметів навколишнього світу; забезпечує сприйняття і спостереження тими, хто навчається, реальної дійсності, значно впливає на їх сенсорну сферу, розвиває мислення, уяву; стимулює пізнавальну і творчу активність, сприяє розвитку інтересу до підвищення професійної компетентності; забезпечує якість навчання.

Коли процес навчання ініціалізується в системі, кожен агент проходить ряд етапів, що формують його життєвий цикл. Агенти повинні спілкуватися між собою, щоб мати можливість обмінюватися та вимагати дій. Для опису цього комунікаційного процесу використовуються діаграми послідовностей, щоб представити взаємодію між різними агентами запропонованої системи. Під час першої взаємодії з системою від студента вимагається увійти в систему та заповнити форму особистої інформації. Наступним кроком є заповнення анкети ILS для визначення стилю навчання згідно з FSLSM. Після того, як профіль студента буде сформований, той, хто навчається, може почати користуватися системою та обирати курси та навчальні елементи, які він хоче вивчити. На початку навчального досвіду той, хто навчається, повинен визначити курс, який слід вивчити. На цьому етапі система просить студента пройти початковий тест, щоб визначити рівень його знань. Початковий тест включає різні поняття, які повинен розуміти той, хто навчається. Ці поняття представлені питаннями з кожної навчальної одиниці обраного курсу з різним рівнем складності. Отриманий бал у цьому початковому тесті дозволяє класифікувати студента в одній із трьох категорій, тобто “початківець”, “середній” або “просунутий”. Після визначення рівня знань студент може розпочати навчальний процес,

вибираючи одиниці для вивчення. Потім система представляє НО цього підрозділу та адаптує їх до профілю студента.

На рисунку 4.1 показано першу взаємодію між студентом та системою. Після автентифікації студента система створює екземпляр агента, який навчається, для управління профілем цього студента. Потім система запропонує опитувальник ILS. Після того, як студент заповнить анкету, Агент, який навчається, зможе розрахувати оцінку ILS та визначити стиль навчання студента відповідно до моделі FSLSM. Визначений стиль навчання буде доданий до профілю студента в базі даних та відобразатиметься студенту.

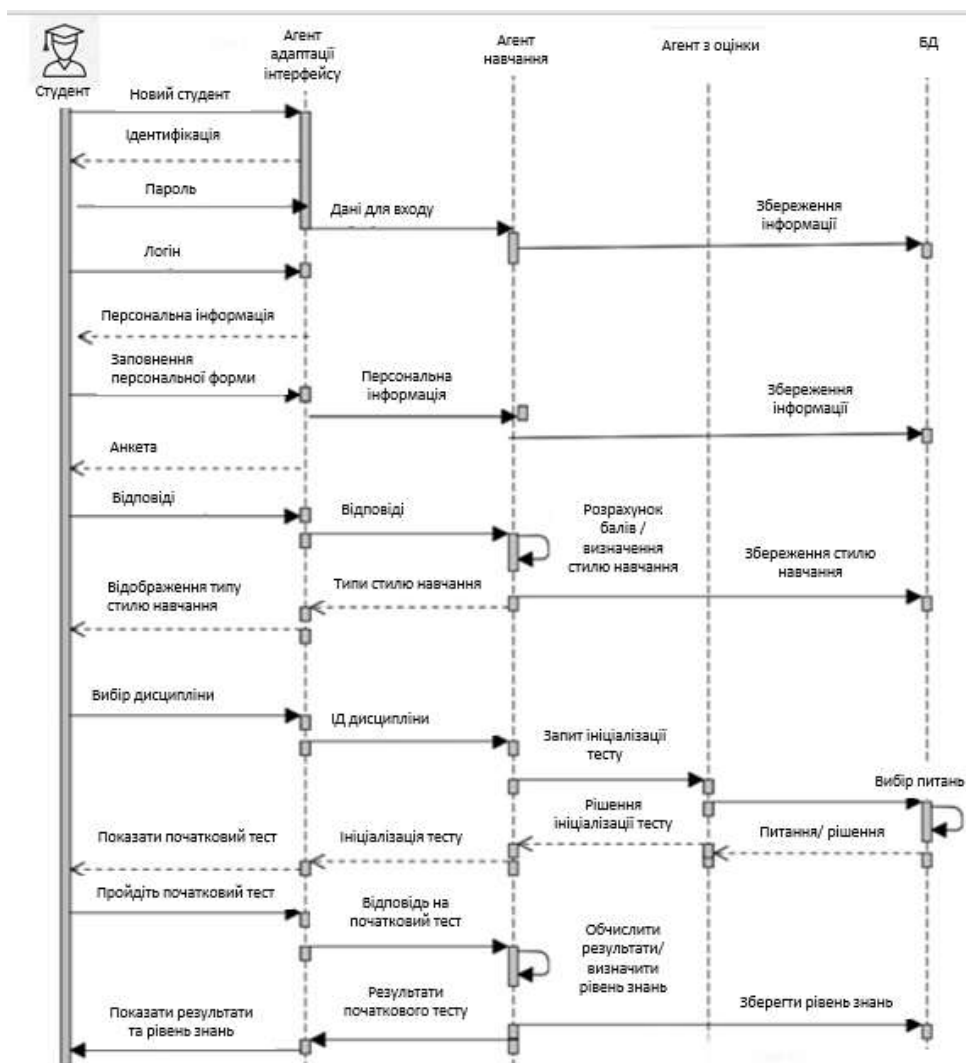


Рисунок 4.1 – Діаграма послідовності першої взаємодії студента з системою

Для визначення рівня знань студента щодо конкретного курсу

використовуються три агенти: Агент адаптації інтерфейсу, Агент навчання, та Агент з оцінки. Обраний студентом курс передається навчальному агенту. Це повідомлення буде передано агенту з оцінки для підготовки початкового тесту, вибравши з бази даних набір відповідних питань з різним ступенем складності. Після проходження початкового тесту агент, який навчається, обчислює отриманий бал. Це обчислення проводиться за класичним методом, оскільки кожне питання складається з відповіді, проіндексованої ключем, тому, коли студент відмітить відповідь, система отримує значення обраної відповіді.

Остаточний результат цього тесту буде використаний для визначення рівня знань студента, який буде доданий до профілю студента, який буде використовуватися в сценаріях навчання.

На рисунку 4.2 пояснюється процес адаптації.

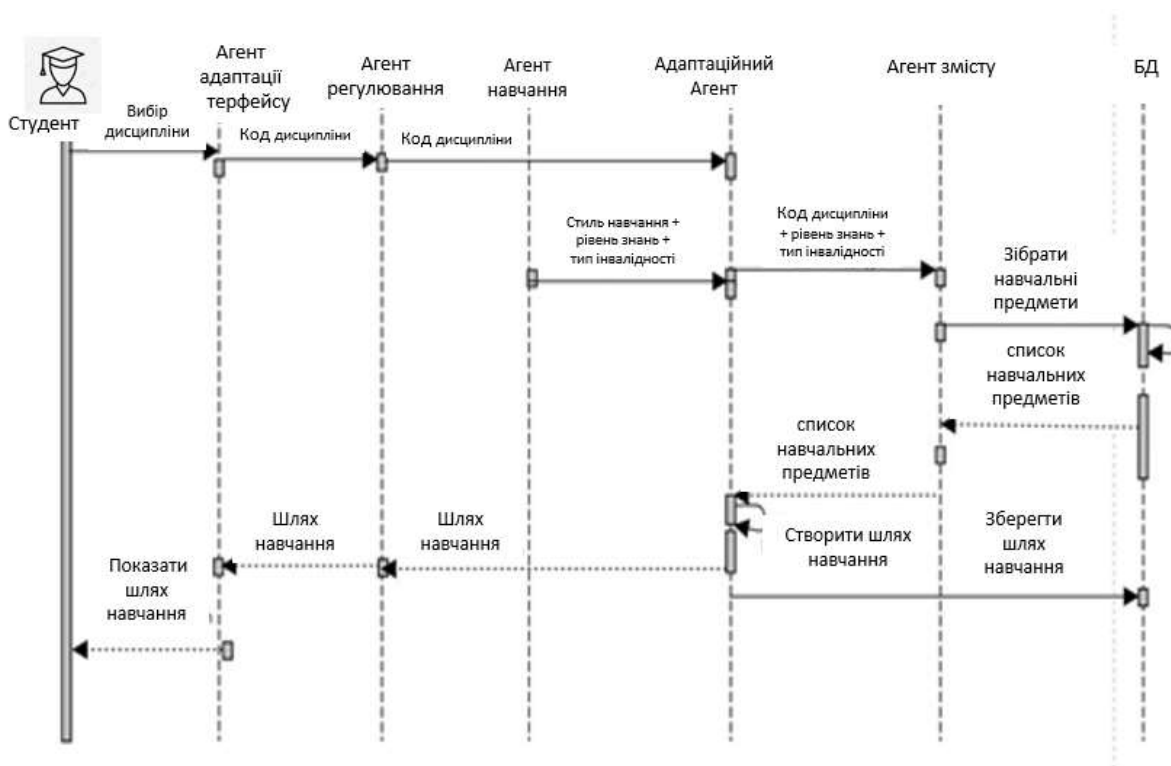


Рисунок 4.2 – Діаграма послідовності процесу адаптації

Отримавши параметри від студентів та контрольних агентів, агент адаптації стягує з агента вмісту вибір НО відповідно до стилю навчання,

рівня знань та обмежених можливостей студента та щодо чітко визначеної навчальної одиниці.

Після отримання всіх НО вони будуть перетворені в Агент адаптації для визначення порядку, в якому вони відображаються. Оскільки відповідно до стилю навчання студента, система буде впорядковувати НО в логічному порядку, який відповідає студенту.

Наприкінці цього кроку Агент навчання, запише вміст, який відкривається для студента, у своєму профілі, і тоді ці дані можуть бути застосовані та використані повторно в інших випадках, якщо система відповідає студенту, який має ті ж характеристики, що й поточний студент.

4.3 Приклад для рекомендації навчального шляху

У цьому прикладі наведений випадок зі студентом, який має такий профіль: середній рівень знань, словесний стиль навчання та порушення слуху. Агент адаптації отримує цю інформацію, а потім передає її Агенту вмісту, щоб вибрати НО та їх взаємозв'язки.

Як обговорювалося вище, НО представляють стани, а відносини між ними представляють дії. Агент вмісту повертає всі ресурси, які відповідають профілю студента. Агент адаптації повинен вибрати найбільш вигідний шлях для поточного студента. У цьому прикладі Агенту вмісту переглядає 5 навчальних об'єктів: конспект лекцій, методичні вказівки, приклад програми, лабораторі роботи та залік із наступними діями:

1. ReadLecture;
2. ReadMethodical;
3. SeeExample;
4. PerformLab;
5. TakeTest (рис. 4.3).

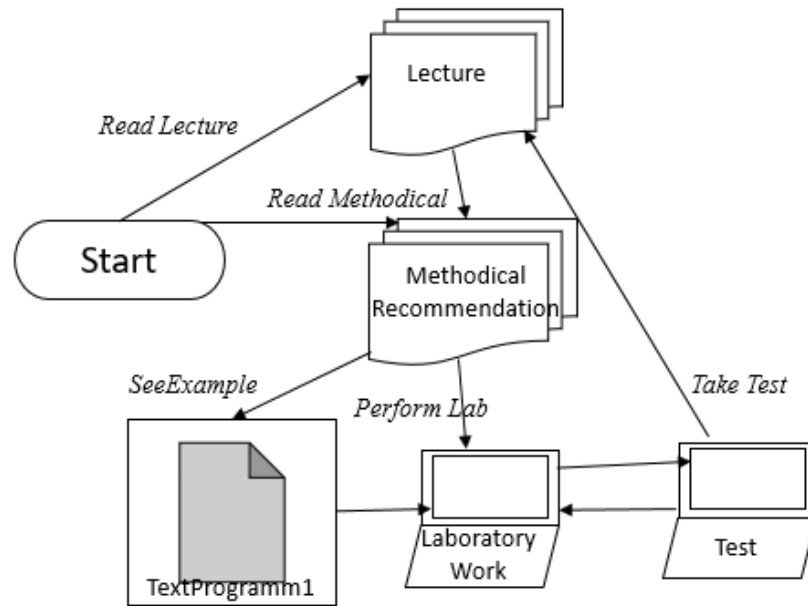


Рисунок 4.3 – Приклад списку НО для даного студента

Кожна дія має винагороду:

1. ReadLecture: +10;
2. ReadMethodical: +05;
3. SeeExample: +05;
4. PerformLab: +40;
5. TakeTest:+40.

Рядки таблиці 4.1 представляють стани, а стовпці – дії. Результати застосування алгоритму Q-Learning до наведеного вище прикладу наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Комбінації станів

	1	2	3	4	5
0	+10	0	0	0	0
1	0	+05	0	0	0
2	0	0	+05	0	0
3	0	0	0	+40	0
4	0	0	0	0	+40
5	0	0	0	0	0

Таблиця 4.2 – Q-таблиця комбінації стани-дії

	1	2	3	4	5
0	10	0	10	0	0
1	0	05	05	0	10
2	0	0	05	0	05
3	0	0	40	40	40
4	0	0	0	40	40
5	0	0	60	80	95

Алгоритм пропонує найкращий навчальний шлях для даного студента. Студент може вибрати для початку будь-який НО, і система забезпечить найкращий навчальний шлях. Наприклад, якщо студент вирішив розпочати навчання з самого початку, найкращий шлях навчання (товста лінія на рисунку) в цьому випадку - 0-1-2-3-4-5 (рис. 4.4).

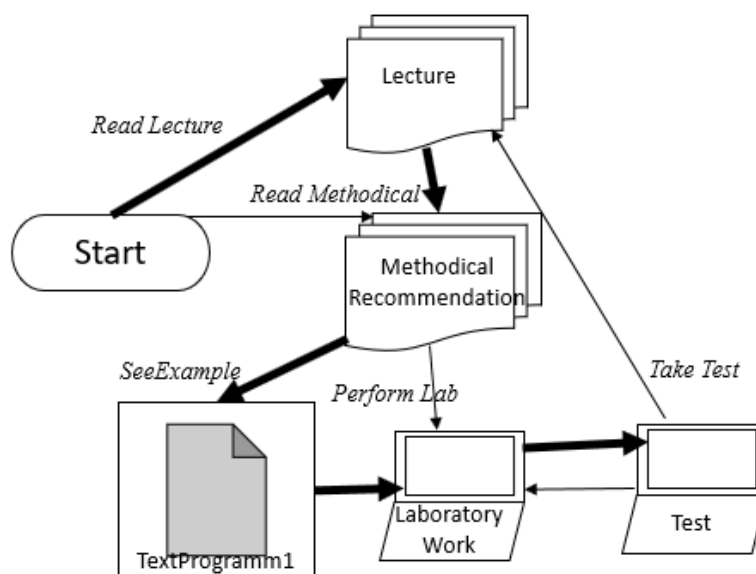


Рисунок 4.4 – Приклад навчального шляху, починаючи з самого початку

Якщо студент вирішив почати з методичних вказівок, найкращим шляхом навчання буде 2-4-5 (рис. 4.5).

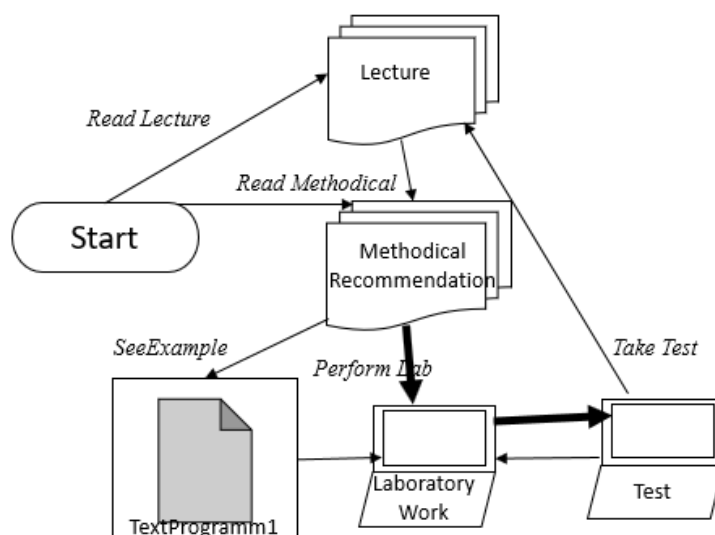


Рисунок 4.5 – Приклад скороченого навчального шляху

Запропонована система враховує стилі навчання, рівень знань та недоліки студентів, застосовуючи багатоагентний підхід та навчання з підкріпленням, щоб забезпечити інтелектуальну та адаптивну систему електронного навчання. Ця система зможе сформувати навчальний шлях для кожного учня на основі індивідуальних потреб і вподобань. Запропонована архітектура забезпечує персоналізацію навчального досвіду, які відповідають профілю та потребам студентів. Це розподілена архітектура, заснована на автономних агентах, які постійно спілкуються, щоб відповідати на запити учнів. Запропонована система може бути інтегрована з будь-якою системою управління навчанням. Функціональні можливості, прийняті в цій системі, дозволяють їй безперешкодно взаємодіяти та спілкуватися з іншими системами. Ця сумісність забезпечується за допомогою використання веб-сервісів, а також онтологічного представлення даних

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської роботи були досліджені існуючі системи електронного навчання, на основі яких було розроблено проект адаптивної системи електронного навчання, заснованої на мультиагентному підході. Також досліджувалися проблеми електронного навчання для студентів з обмеженими можливостями.

У роботі пропонується розподілена архітектура, заснована на багатоагентному підході для моделювання процесу комунікації та координації, що дозволяє запропонованій системі електронного навчання рекомендувати навчальні об'єкти, які адаптовані до профілю студента відповідно до його характеристик та уподобань. Застосування підходу багатоагентного навчання з підкріпленням дозволило підвищити продуктивність системи і зробити процес адаптації більш гнучким. Архітектура, яка використовується в цій системі, базується на багатьох агентах, кожен агент бере на себе чітко визначене завдання. Всі агенти пов'язані, і вони постійно спілкуються, щоб забезпечити регулярну роботу системи. Основна функціональність, запропонована в цій системі, - це рекомендація навчальних шляхів відповідно до стилів навчання, рівня знань та обмежених можливостей студентів, які використовують алгоритм Q-Learning. Запропонована архітектура забезпечує персоналізацію навчального досвіду та забезпечує навчальних об'єктів, які відповідають профілю та потребам студентів. Це розподілена архітектура, заснована на автономних агентах, які постійно спілкуються, реагуючи на запити студентів. Запропонована система може бути інтегрована з будь-якою системою управління навчанням. Функціональні можливості, прийняті в цій системі, дозволяють їй взаємодіяти та спілкуватися з іншими системами без будь-яких перешкод. Ця сумісність забезпечується використанням веб-сервісів, а також онтологічним поданням даних.

Система зможе рекомендувати шлях навчання студентам на основі їхнього стилю навчання, рівня знань та обмежених можливостей. Були враховані три види інвалідності, а саме: порушення слуху, порушення зору та дислексія. Застосування багатоагентного підходу та навчання з підкріпленням підвищить продуктивність системи та зробить процес адаптації більш гнучким і забезпечить основну силу запропонованої моделі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. World Health Organization. S. Report, “Coronavirus Disease”. URL: <https://covid19.who.int/> (accessed on 1 december 2021).
2. Keskin, S.; Yurdugül, H. “Factors Affecting Students’ Preferences For Online And Blended Learning: Motivational Vs. Cognitive. Eur. J. Open Distance E-Learn. 2019, 22, 73–86.,
3. Khamparia A., Pandey B. Association of learning styles with different e-learning problems: a systematic review and classification //Education and Information Technologies. – 2020. – Т. 25. – №. 2. – С. 1303-1331.
4. R. Felder, “Learning and Teaching Styles in Engineering Education,” Journal of Engineering Education -Washington-, vol. 78, no. 7, pp. 674– 681, Jan. 1988.
5. M. U. Bokhari and S. Ahmad, “Multi-Agent Based E-Learning Systems: A Comparative Study,” in Proceedings of the 2014 International Conference on Information and Communication Technology for Competitive Strategies, New York, NY, USA, Oct. 2014, pp. 1–6, DOI: <https://doi.org/10.1145/2677855.2677875>.
6. P. Q. Dung and A. M. Florea, “An Architecture and a Domain Ontology for Personalized Multi-agent e-Learning Systems,” in 2011 Third International Conference on Knowledge and Systems Engineering, Hanoi, Vietnam, Oct. 2011, pp. 181–185, DOI: <https://doi.org/10.1109/KSE.2011.35>.
7. C. Giuffra and R. Silveria, “A multi-agent system model to integrate Virtual Learning Environments and Intelligent Tutoring Systems,” International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, vol. 2, no. Special Issue on Artificial Intelligence and Social Application, 2013.
8. M. Krendzelak, “Machine learning and its applications in e-learning systems,” in 2014 IEEE 12th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), Sary Smokovec, Slovakia,

Dec. 2014, pp. 267–269, DOI: <https://doi.org/10.1109/ICETA.2014.7107596>.

9. M. Boussakssou, B. Hssina, and M. Erittali, “Towards an Adaptive E-learning System Based on Q-Learning Algorithm,” *Procedia Computer Science*, vol. 170, pp. 1198–1203, Jan. 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.028>.

10. W. Intayoad, C. Kamyod, and P. Temdee, “Reinforcement Learning for Online Learning Recommendation System,” in 2018 Global Wireless Summit (GWS), Chiang Rai, Thailand, Nov. 2018, pp. 167–170, DOI: <https://doi.org/10.1109/GWS.2018.8686513>.

11. K. R. Premlatha and T. V. Geetha, “Learning content design and learner adaptation for adaptive e-learning environment: a survey,” *Artificial Intelligence Review*, vol. 44, no. 4, pp. 443–465, Dec. 2015, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10462-015-9432-z>.

12. “Index of Learning Styles Questionnaire,” NC State University. URL: <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/> (accessed Dec. 20, 2020).

13. N. E. A. Amrani, O. E. K. Abra, M. Youssfi, and O. Bouattane, “A Novel Deep Learning Approach for Semantic Interoperability Between Heterogeneous Multi-Agent Systems,” *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 9, no. 4, pp. 4566–4573, Aug. 2019, DOI: <https://doi.org/10.48084/etasr.2841>.

14. Clark, J.D. and Ed, M., 2007. Learning and teaching in the mobile learning environment of the twenty-first century. *Instructional Design Specialist Austin Community College, Austin, Texas*, 19, p.1.

15. Geist, Eugene. “The game changer: Using iPads in college teacher education classes.” *College Student Journal* 45, no. 4 (2011).

16. Cherian, Edward J., and Paul Williams. “Mobile learning: The beginning of the end of classroom learning.” In *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, vol. 2008, pp. 22-24. 2008.

17. Dargahi H, Ghazisaedi M, Ghasemi M. Electronic teaching position at the University of Medical Sciences. *Journal of Payavard Salamat*. 2007;1:20–29.

18. Majidi A. E-Learning: History, features, infrastructure and barriers. *National Studies of Library and Organized information*. 2009;78:9–26.
19. Rezaee rad, M Review the readiness of teachers to use e-learning Payam Noor University. *Research in lesson plan*. 2012;9:110–116.
20. Kamalian A, Fazel A. Review prerequisites and feasibility of the implementation of e-learning system. *Journal of Technology of Education*. 2010;4:13–27.
21. Zare M. Challenges related to the development of e-learning at the University of Medical Sciences in Iran. *The Journal of Medical Education and Development*. 2014;10(4):500–503.
22. Tarus J, Gichoya D, Muumbo A. Challenges of Implementing E-Learning in Kenya: A Case of Kenyan Public Universities. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2015;16:120–141
23. Hetty Rohayani AH, Kurniabudi, Sharipuddin A Literature Review: Readiness Factors to measuring e-Learning Readiness in Higher Education. *Procedia Comput Sci*. 2015;59:230–234.
24. Amer M., Aldesoky H. Building e-Learning Application Using Multi-agents and Fuzzy Rules //Electronic Journal of e-Learning. - 2021. - T. 19. - №. 3. - C. pp199-208.
25. Yonezawa T., Yoshida N., Maeda K. Indirect Control of Users E-learning Motivation by Controlling Activity Ratio of Multiple Agents //Proceedings of 5th International Conference on Human Agent Interaction. - 2017. - C. 27-34.
26. Ciloglulugil B., Inceoglu MM Adaptive e-learning environment architecture based on agents and artifacts metamodel //2018 IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). - IEEE, 2018. - C. 72-74.
27. Atto K., Kotova EE Communication models в e-learning environment based on intelligent agents //2018 IEEE Communication Strategies in Digital Society Workshop (ComSDS). - IEEE, 2018. - C. 3-6.

28. Fichten CS та ін. Disabilities and e-learning problems and solutions: An exploratory study //Journal of Educational Technology & Society. - 2009. - Т. 12. - №. 4. - С. 241-256.
29. Shershneva V. et al. Technological approach to development of adaptive e-learning system //SHS Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Т. 66. – С. 01014.
30. Kabassi, K.; Dragonas, I.; Ntouzevits, A.; Pomonis, T.; Papastathopoulos, G. Evaluating a learning management system for blended learning in Greek higher education. Springerplus 2016, 5, 101.
31. Ghosh, S. An Approach to Building a Learning Management System that Emphasizes on Incorporating Individualized Dissemination with Intelligent Tutoring. J. Inst. Eng. Ser. B 2016, 98, 1–8.
32. Salloum, S.A. Factors Affecting Students. In Acceptance of E-Learning System in Higher Education Using UTAUT and Structural Equation Modeling Approaches; Springer International Publishing: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019; Volume 2.
33. Hasan, H.M.R. Machine Learning A lgorithm for Student ' s Performance Prediction. In Proceedings of the 2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), Kanpur, India, 6–8 July 2019; Volume 201, pp. 1–7.
34. Fachantidis, A.; Taylor, M.; Vlahavas, I. Learning to Teach Reinforcement Learning Agents. Mach. Learn. Knowl. Extr. 2017, 1, 21–42.
35. Goodfellow, L. Bengio, Y. & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press. URL: <http://www.deeplearningbook.Org>
36. Зюзько А.О. Впровадження візуалізаційних технологій під час навчання// XXV Міжнародний молодіжний форум “РАДІОЕЛЕКТРОНІКА І МОЛОДЬ У XXI СТОЛІТТІ”, 21-23 квітня 2021 р. м. Харків