

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра електронних обчислювальних машин
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Метод оптимізації функціонування системи E-Learning

(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи СПМ-23-2
Бутенко Б.В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системне програмування
(повна назва освітньої програми)

Керівник: проф. Кучук Г.А.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ

(підпис)

Коваленко А.А.

(прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 «Комп'ютерна інженерія» _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Системне програмування _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту _____ Бутенку Богдану Володимировичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Метод оптимізації функціонування системи E-Learning _____

затверджена наказом по університету від “ 22 ” листопада 2024 р. № 1236 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 20 січня 2025 р.

3. Вхідні дані до роботи _____ операційна система –Windows або Linux,
_____ 1Гб оперативної пам'яті ПК процесор на 1ГГц, 100Мб свобідної пам'яті на жорсткому
_____ диску _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі _____

1) аналіз існуючих підходів до створення навчальних засобів з використанням
_____ комп'ютерних технологій _____

2) розробка та дослідження математичної моделі навчальної системи, що використовує
_____ методи штучного інтелекту _____

3) використання різних технологій для оптимізації компонентів системи e-learning _____

4) програмна реалізація методу оптимізації _____

5) висновки _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) 13

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області	26.11.24-30.11.24	
2	Вибір та обґрунтування методики		
3	Вибір інструментальних засобів	02.12.24-05.12.24	
4	Розробка методу		
5	Проведення експериментів	11.12.24-21.12.24	
6	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	23.12.24-03.01.25 04.01.25-07.01.25	
7	Подання кваліфікаційної роботи її попередній захист	08.01.25-11.01.25	
8	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	13.01.25-17.01.25	

Дата видачі завдання 25 листопада 2024 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

проф. Кучук Г.А.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 58 с., 21 рис., 1 дод., 17 джерел.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА, СИНТЕЗ, ПРОГРАМНА ПЛАТФОРМА, ІНФОРМАЦІЙНА СТРУКТУРА, ТЕХНІЧНА СТРУКТУРА

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та дослідження моделі формалізації навчального процесу з використанням методів та алгоритмів штучного інтелекту.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено математичну модель навчальної системи. Створено алгоритми оптимізації структури теоретичної та змісту практичної частин навчального курсу та штучні імунні системи для їх реалізації. Розроблено спеціальне програмне забезпечення, яке реалізує розроблені алгоритми. Проведене дослідження визначається необхідністю підвищення ефективності вирішення задачі автоматизації розробки та оптимізації навчальних курсів на основі впровадження нових інформаційних технологій в різні сфери людської життєдіяльності.

ABSTRACT

Master's thesis: 58 pages, 21 figures, 1 appendices, 17 sources.

COMPUTER SYSTEM, SYNTHESIS, SOFTWARE PLATFORM,
INFORMATION STRUCTURE, TECHNICAL STRUCTURE

The major goal of this thesis is to develop and study a model of formalization of the educational process using methods and algorithms of artificial intelligence.

During the qualification work, a mathematical model of the educational system was developed. Algorithms for optimizing the structure of the theoretical and content of the practical parts of the educational course and artificial immune systems for their implementation were created. Special software was developed that implements the developed algorithms. The conducted research is determined by the need to increase the efficiency of solving the problem of automating the development and optimization of educational courses based on the introduction of new information technologies into various spheres of human life.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	11
1.1 Аналіз використання комп'ютерних технологій у навчанні.....	11
1.2 Класифікація засобів навчання, створених із застосуванням комп'ютерних технологій	12
1.3 Огляд сучасних засобів навчання з використанням комп'ютерних технологій	14
1.4 Використання технологій штучного інтелекту в навчальних системах	16
2 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄ МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	18
2.1 Модель системи E-learning.....	18
2.2 Математична модель навчальної системи.....	21
3 ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ E-LEARNING	27
3.1 Оптимізація структури теоретичної частини навчального курсу з використанням штучної імунної системи.....	27
3.2 Оцінка знань із використанням нейронної мережі.....	33
4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ	36
4.1 Інтерфейс користувача	36
4.2 Організація роботи з базою даних.....	37
4.3 Схема роботи модуля оптимізації	40
4.4 Інструкція по роботі з програмним комплексом	42

ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	49
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	51

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

АОС – автоматизированных обучающих систем

ЦОД – центр обробки даних

API – Application Programming Interface

FCoE – Fiber Channel over Ethernet

HTTP – Hyper Text Transfer Protocol

LMS – Learning Management System

QoS – якість обслуговування

QS – Queuing System,

VLAN – Virtual Local Area Network

VPN – Virtual Private Network

WMI – Windows –Management Instrumentation

ВСТУП

Актуальність. Розвиток комп'ютерних технологій надає великі можливості модернізації процесу навчання. У сучасну практику увійшло безліч нових понять: єдиний освітній простір, єдине освітнє інформаційне середовище, віртуальний університет, масові відкриті онлайн-курси.

Інтенсивний розвиток електронної освіти (Electronic learning, E-learning) обумовлений його доступністю, гнучкістю, різноманітністю використовуваних засобів. Створено системи, що дозволяють організувати та керувати процесом електронного навчання (Learning management systems, LMS – системи управління навчанням).

Сучасні адаптивні навчальні системи, засновані на застосуванні інтелектуальних технологій, не мають цих недоліків, однак мають обмежену сферу застосування, оскільки процес навчання в різних предметних галузях істотно відрізняється.

Нині існують дослідження, створені для автоматизації організації та управління навчанням у системі дистанційного освіти з урахуванням технологій штучного інтелекту. Для організації роботи навчальних систем широко застосовуються методи нечіткої логіки та штучних нейронних мереж, генетичні алгоритми.

Існуючі нині методи автоматизації розробки та оптимізації навчальних курсів у системах є недостатньо ефективними та характеризуються вузькою спрямованістю, пов'язаною з конкретною предметною областю. У зв'язку з винятковим різноманіттям практичних ситуацій, що виникають при вирішенні завдання створення та оптимізації навчальних курсів, першочергове значення набуває дослідження системних зв'язків між параметрами з метою побудови моделі навчальної системи та синтезу інформаційних технологій, що забезпечують гнучке налаштування для різних предметних областей .

Актуальність дослідження визначається необхідністю підвищення ефективності вирішення задачі автоматизації розробки та оптимізації навчальних курсів на основі впровадження нових інформаційних технологій в різні сфери людської життєдіяльності.

Метою роботи є розробка та дослідження моделі формалізації навчального процесу з використанням методів та алгоритмів штучного інтелекту. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- 1 розробити математичну модель навчальної системи;
- 2 розробити алгоритми оптимізації структури теоретичної та змісту практичної частин навчального курсу та штучні імунні системи для їх реалізації;
- 3 розробити спеціальне програмне забезпечення, яке реалізує розроблені алгоритми.

При вирішенні поставлених завдань використовувалися методи дискретної математики, нейронних мереж, штучної імунної системи, методи математичного моделювання та об'єктно-орієнтованого програмування.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Аналіз використання комп'ютерних технологій у навчанні

Розвиток апаратних та програмних засобів надає великі можливості для модернізації процесу навчання. З'являється все більше методичних понять, пов'язаних із застосуванням комп'ютерних технологій у навчанні: єдиний освітній простір, єдине освітнє інформаційне середовище, віртуальний університет, масові відкриті онлайн курси. Термін електронне навчання (Electronic learning, E-learning) інтегрує різні поняття, пов'язані з використанням інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні (таких як комп'ютерне навчання, адаптивна навчальна система, автоматизована навчальна система, дистанційне навчання, інтерактивне навчання, онлайн-навчання тощо).

Інтенсивний розвиток електронної освіти зумовлений його доступністю, гнучкістю, різноманітністю використовуваних засобів. Навчальним пропонується велика кількість інформаційних ресурсів: навчальні та контролюючі системи, відеозаписи, електронні бібліотеки та багато іншого. Електронні засоби навчання застосовуються не лише у навчальних закладах, а й там, де ведеться спеціальна підготовка кадрів: на великих підприємствах, військових та громадських організаціях.

Створення сучасних автоматизованих навчальних систем (АНС) стало найважливішим етапом у розвитку комп'ютерних засобів навчання. Було досягнуто значних успіхів у реалізації алгоритмів управління навчанням, забезпечення діалогової взаємодії у навчальному процесі.

У цей період велика увага приділяється пошуку шляхів оптимізації управління автоматизованою навчальною системою з метою підвищення ефективності її роботи. Ці проблеми залишаються у центрі уваги розробників

комп'ютерних систем навчання й у час [5].

У 70-х роках ведуться дослідження можливостей використання при створенні автоматизованих навчальних систем ідей та методів, розроблених на той час у галузі штучного інтелекту. Було досягнуто успіху у дослідженні способів представлення знань у предметній галузі на основі ідей штучного інтелекту.

Розвиток мережевих технологій та поширення мережі Інтернет відкрило нові освітні можливості, створивши передумови для розвитку дистанційного навчання та інтелектуальних навчальних систем. З'явилися мережеві бібліотеки, Інтернет підручники та засоби тестування. З'явилися віртуальні навчальні лабораторії, ресурси, що надають мережевий доступ до унікального обладнання та різних засобів обробки даних, Інтернет-портали, інтегруючі мережеві ресурси, призначені для електронного навчання.

Початок 2000-х років ознаменувався інтенсивними дослідженнями методичної сфери електронного навчання, розгляду питань стандартизації та уніфікації засобів та технологій електронного навчання [14]. З'явилися та увійшли до практики навчання масові відкриті онлайн курси та платформи, що надають можливості для розробки курсів дистанційного навчання. Сучасні адаптивні системи, засновані на застосуванні технологій штучного інтелекту, формують модель учня та адаптують освітній процес до його індивідуальних потреб.

1.2 Класифікація засобів навчання, створених із застосуванням комп'ютерних технологій

Існують різні терміни, що позначають навчальну систему, створену із застосуванням комп'ютерних технологій. Зустрічаються такі терміни, як «віртуальне середовище навчання», «інформаційно-предметне середовище», «предметне навчальне середовище», «інформаційно-навчальне середовище» та ін. Найбільшого поширення набув термін «автоматизована навчальна

система». Автори конкретних систем наповнюють це поняття різним змістом. Частина дослідників акцентують увагу автоматизації процесу навчання, інша частина розглядає АОС як інструмент управління процесом навчання, третя група дослідників вважає призначенням автоматизованої системи – оптимізацію процесу навчання.

В даний час автоматизована навчальна система розуміється як комплекс технічних, лінгвістичних навчально-методичних та програмних засобів, призначених для організації діалогу в навчальному процесі, що утворюють середовище, заповнення якого не вимагає спеціальних знань у програмуванні [9]. Цьому визначенню задовольняють практично всі наявні на сьогоднішній день засоби підтримки та організації дистанційного навчання.

Навчальні системи поділяються на дві групи за ознакою постановки цілей та управління процесом навчання. До одного класу ставляться системи, цілі у яких ставляться користувачем, і, управління процесом навчання як і покладено нею, оскільки системі мети користувача невідомі. Така система містить виклад навчального матеріалу у різних форматах. До цього класу можна віднести електронний підручник або навчальний курс, повнотекстову базу даних, яка дає змогу працювати з текстами різних авторів. Електронна бібліотека представляє сукупність електронних засобів навчання у різних предметних галузях, що підтримує функцію пошуку інформації (за ключовими словами, предметної області). У мультимедійному електронному підручнику виклад навчальної дисципліни як тексту доповнено файлами в аудіо, відео форматах. Це дозволяє візуалізувати процеси, що вивчаються, і спостерігати їх у динаміці. Електронний підручник або методичний посібник може містити засоби самоконтролю після закінчення кожного розділу навчальної дисципліни.

Навчальні системи іншого класу характеризуються наявністю вбудованих цілей та детермінованої схеми їх досягнення. Змістовий матеріал структурований, наприкінці кожного розділу передбачається контроль

засвоєння, який визначає подальшу послідовність навчання. Системи такого класу мають різною мірою властивості адаптивності та детермінованості навчального процесу. Автоматизована навчальна система такого типу має послідовну схему викладу навчального матеріалу. Залежно від результатів тестування учню може бути доступ до наступного розділу, у разі незадовільних результатів пропонується повернутися до вивчення поточного розділу.

Якщо система характеризується розгалуженою структурою навчання, який навчається у процесі роботи з кожним розділом має можливість вибирати глибину викладу навчального матеріалу та рівень складності підсумкового тестування. Часто користувач має можливість вибору текстового, аудіо, відео формату викладу навчального матеріалу, вибираючи оптимальний з урахуванням індивідуальних переваг.

1.3 Огляд сучасних засобів навчання з використанням комп'ютерних технологій

Сучасні засоби навчання з використанням комп'ютерних технологій можна класифікувати наступним чином: мультимедійні енциклопедії, комп'ютерні системи тестування, тренажери та навчально-лабораторні класи, засоби розробки навчальних систем. Розглянемо деякі з них.

Комп'ютерні системи тестування створені контролю знань учнів. Найбільше розвиток системи надають користувачеві визначати параметри тесту, створювати тести з різними типами питань, обробляти статистику тестування, оформляти звіти за різними критеріями. Перевагою таких систем є можливість швидкої перевірки знань користувачів, недоліком, відсутність навчальних функцій, можливості усунення знайдених недоліків у системі знань користувачів.

Більшість авторських навчальних систем пропонують користувачам набір шаблонів, що реалізують різні компоненти процесу навчання, не

вимагають знання програмування. Деякі АНС мають спеціально розроблену мову програмування, що дозволяє реалізовувати складніші дидактичні схеми.

Одним із недоліків сучасних АНС є орієнтованість на конкретну предметну область, багато систем важко застосувати поза стінами навчального закладу, в якому вони були розроблені. Недоліком є орієнтованість на теоретичний матеріал, недостатня різноманітність дидактичних засобів. Іншою проблемою є необхідність залучення програмістів для адаптації та видозміни системи, що знижує її доступність та економічну доцільність.

Навчальні курси у всіх системах по суті є електронними підручниками, доповненими тестовою системою. Передача інформації відбувається за односторонньою схемою, від системи до того, хто навчається, ефективність курсу визначається можливостями його розробника, статистичні дані, що накопичуються в ході роботи системи інтерпретуються викладачем так, як дозволяє його досвід і підготовка. Розробка курсу, в такий спосіб, може бути названа автоматизованою, оскільки всі операції аналогічні тим, які виконуються викладачем розробки звичайних курсів.

Роботи у сфері розробки комп'ютерних засобів навчального призначення спрямовані створення вузькоспеціальних навчальних програм, чи розробляються технічні засоби навчання у вже існуючих навчальних систем.

Подолання недоліків сучасних автоматизованих навчальних систем дослідники вбачають в інтеграції до складу експертних систем. Під експертними системами зазвичай розуміють набір програм, виконують функції експерта під час вирішення завдань у певної предметної області [7]. Кожна експертна система включає базу знань, підсистему формування питань та сукупність правил, що дозволяють виконувати логічний висновок.

1.4 Використання технологій штучного інтелекту в навчальних системах

Сучасні автоматизовані навчальні системи представляють складні програмні комплекси, функціонування яких потребує обробки великих масивів даних як реального часу. Ця вимога зумовила необхідність застосування нетрадиційних технологій, передусім технологій із використанням штучного інтелекту.

Технології штучних нейронних мереж відносяться до технологій штучного інтелекту, в основі яких лежить імітація принципів функціонування людського мозку. Сучасні нейронні мережі широко застосовуються на вирішення завдань класифікації, розпізнавання, передбачення, управління процесом у випадках, коли умова завдання важко чи неможливо формалізувати.

У навчальних системах нейромережеві технології застосовуються до створення програмних продуктів, основу яких лежить технологія нейронних мереж, для автоматизації створення та оптимізації функціонування різних складових освітнього процесу. Нейронні мережі використовуються для оцінки результатів тестування студентів. Застосування нейронних мереж дозволяє отримати більш точну картину знань учнів, виявити прогалини у знаннях учнів, підвищити об'єктивність тестування.

Нейронні мережі в освіті так само використовуються для вирішення завдань, близьких до завдань класифікації, в яких необхідно виконати аналіз великої кількості чинників, що важко формалізуються. До таких завдань належить завдання складання достовірного рейтингу викладачів на основі опитування студентів [7], завдання оцінки діяльності та класифікації закладів вищої освіти [6].

Іншим класом завдань, у вирішенні яких нейромережі показали свою ефективність, є управління процесом навчання. Нейронна мережа має можливість агрегувати дані про процес навчання і на їх основі визначати

чергову подію в сценарії процесу навчання, що генерується [3]. При навчанні мережі як вхідні сигнали розглядаються дані про поточний стан процесу навчання, вихідні дані подають інформацію про наступний стан системи. Успішність застосування нейронних мереж у процесі навчання залежить від багатьох факторів: вибору оптимальної архітектури нейронної мережі [9], визначення структури та розмірності вхідних та вихідних параметрів мережі та навчальної вибірки, вибір ефективного алгоритму навчання мережі.

Одним із актуальних сучасних напрямів досліджень у галузі штучного інтелекту є штучні імунні системи. Методи штучних імунних систем відносяться до класу біоінспірованих алгоритмів і ґрунтуються на принципах функціонування імунної системи людини. Алгоритми штучної системи мають багато спільного з класичними генетичними алгоритмами, їх перевагою є здатність до навчання та наявність пам'яті.

В даний час створено безліч моделей, що використовують штучні імунні системи, які успішно застосовуються в процесі оптимізації [2, 9], класифікації [12], стиснення інформації, кластеризації [9], пошуку аномалій [11], машинного навчання [10], обробки даних [13], комп'ютерна безпека [7], адаптивне управління [8].

Штучні імунні системи представляють набір В-антитіл, які можуть піддаватися операціям клонування та мутації.

Застосування штучних імунних систем в освіті обмежене, оскільки ця сфера досліджень є новою в порівнянні з класичним генетичним алгоритмом та технологіями нейронних мереж.

2 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄ МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

В даний час широкого поширення набули системи навчання із застосуванням комп'ютерних технологій. Дистанційне навчання міцно увійшло освітню практику, на його підтримку створено системи управління навчанням. Освітні системи з використанням комп'ютерних технологій відрізняються ступенем розподілу функції управління між системою та користувачем, ступенем поєднання теоретичного та практичного аспектів освітнього процесу, наявністю засобів контролю навчання.

Призначення системи визначає її параметри. У процесі функціонування всіх навчальних систем накопичується статистична інформація про навчальний процес. Як правило, розробники надають доступ до статистики, проте інтерпретація даних залежить від можливостей користувача. Тим часом така інформація може бути використана ефективним чином для оптимізації процесу навчання.

Одним із завдань при проектуванні такої системи є побудова математичної моделі навчальної системи та вибір засобів її оптимізації.

2.1 Модель системи E-learning

Автоматизована система управління навчанням реалізує функції планування, організації роботи, координації та регулювання взаємодії учасників, обліку та аналізу результатів процесу навчання. Система інструментів комунікації реалізує взаємодію різних модулів системи управління та спілкування учасників процесу навчання. Система створення та зберігання контенту надає учасникам можливості створення та зберігання навчальних курсів, система збору та зберігання результатів навчання

призначена для збору статистичної інформації про процес навчання, автоматизована система організації контролю навчання призначена для автоматизації створення, перевірки та обробки результатів тестування студентів (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Структура системи керування навчанням

Основою для створення структурної моделі навчальної системи була структурна модель системи управління навчанням та структурна модель навчального процесу.

Цілі навчальної системи є основою діяльності викладача в системі, що визначає зміст та організацію процесу навчання.

Діяльність учня в системі визначається змістовним та організаційним компонентом, а також діяльністю викладача. Наявність зворотного зв'язку між учасниками освітнього процесу може бути причиною змін у змісті та організації процесу навчання з метою їхньої адаптації до потреб студента. Компонент контролю визначає факт досягнення учням поставленої мети.

Компонент збору та аналізу даних дозволяє збирати та зберігати статистичні дані про діяльність учня в системі, результати контролю досягнення поставлених цілей та використовувати їх для оптимізації процесу навчання. Структурна модель навчальної системи представлена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Структура навчальної системи

Компонент збору та аналізу статистики використовує дані про результати контролю та про діяльність учнів у системі. Потім ці дані можуть бути пред'явлені викладачеві на запит або передані компоненту оптимізації для внесення змін до змісту та методів навчання.

2.2 Математична модель навчальної системи

На основі структурної моделі була розроблена математична модель навчальної системи, яка може бути представлена таким чином:

$$URS = \langle K, C, PP, PO \rangle \quad (2.1)$$

де – URS навчальна система, K – множина навчальних курсів навчальної системи, C – множина компетенцій, що формуються у навчаються в результаті освоєння курсів системи, PP – множина профілів викладачів системи, PO – множина профілів у системі.

Безліч навчальних курсів представляє таке:

$$K = \{K_i\}, i=1, \dots, n, \quad (2.2)$$

де K_i – навчальний курс системи, що має номер i , n – кількість навчальних курсів у системі.

$$K_i = \{G_i, CT_i, Em_i, Q_i\}, i=1, \dots, n.$$

де G_i – множина компетенцій, що формуються в результаті вивчення даного курсу, CT_i – граф змісту курсу з номером, Em_i – множина елементів навчального контенту i -того курсу, Q_i – фонд оціночних засобів курсу з номером i .

$$G_i = \{g_{ij}\}, i=1, \dots, n; j=1, \dots, m,$$

где G_i – множина компетенцій, що формуються в результаті вивчення -

го курсу, множина G_i є підмножиною множини компетенцій навчальної системи, g_{ij} – компетенція, що формується в процесі вивчення даного курсу, n – кількість навчальних курсів у системі, m – кількість компетенцій, що формуються в процесі вивчення курсу з номером i .

Множина компетенцій формується при проектуванні навчального процесу, що реалізується навчальною системою.

Компонент моделі CT_i курсу з номером i представляє граф, заданий безліччю вершин, кожна з яких є найменуванням дидактичної одиниці змісту курсу, і множиною ребер CTR_i , що відображають зв'язки між ними.

$$CT_i = \langle CTN_i, CTR_i \rangle \quad CTN_i = \{ctn_{ij}\}, \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, l; \quad (2.3)$$

$$CTR_i = \{(ctn_{it}, ctn_{if})\}, \quad ctn_{it}, ctn_{if} \in CTN_i, \quad (2.4)$$

де CTN_i множина вершин графа навчального курсу, що представляють найменування дидактичних одиниць зазначеного курсу, CTR_i – множина ребер графа, що відображають зв'язки між дидактичними одиницями змісту навчального курсу з номером i , (ctn_{it}, ctn_{if}) – елемент множини, CTR_i що вказує на наявність зв'язку (дуги графа) між елементами змісту ctn_{it} і ctn_{if} , n – кількість навчальних курсів у системі, CTN_i – кількість елементів множини (кількість дидактичних одиниць курсу).

Навчальний контент курсу з порядковим номером визначається за допомогою наступної формули:

$$EM_i = \langle P_i, E_i \rangle, \quad P_i = \{PK_{ij}\}, \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1..l, \quad (2.5)$$

Де P_i – множина змістовних розділів курсу, PK_{ij} – змістовний розділ курсу, E_i безліч одиниць навчального контенту, кількість дидактичних одиниць курсу є вершинами графа курсу. Кожній дидактичній одиниці курсу відповідає змістовий розділ (навчальна тема курсу).

Розроблена модель дозволяє здійснювати опис курсу, зберігати опис процесу навчання у профілі учня. Однак часто виникає необхідність

створення інтегрованих навчальних курсів, виділення підрозділів курсу самостійного курсу. Робота викладача зі створення курсу може бути оптимізована, якщо існує механізм створення на основі вже наявних. Робота у процесі освоєння курсу також може бути оптимізована. Для вирішення цих завдань необхідно досліджувати формалізовану модель навчальної системи з використанням елементів теорії множин.

Операція об'єднання на безлічі навчальних курсів розглядається так:

$$K_{un} = K_i \cup K_j = \langle G_i \cup G_j, CT_i \cup CT_j, EM_i \cup EM_j, Q_i \cup Q_j \rangle. \quad (2.5)$$

Так як G_i представляють множення, то операція їх об'єднання

$$G_{un} = G_i \cup G_j$$

Компоненти CT_i та CT_j представляють граф змісту. Їх об'єднання визначається з урахуванням [6, 9] так: у безлічі вершин графа (елементи змісту курсу) CT_i та CT_j і відбувається об'єднання вершин.

Для знаходження об'єднання множин ребер графа виконується об'єднання множин ребер двох курсів.

$$CTR_{un} = CTR_i \cup CTR_j,$$

де i, j – номери курсів, що об'єднуються.

Приклад. Нехай заданий граф змісту курсу CT_i (рисунок 2.3):

$$CTN_i = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}, CTR_i = \{(a_1, a_2), (a_1, a_3), (a_3, a_4), (a_3, a_5)\}.$$

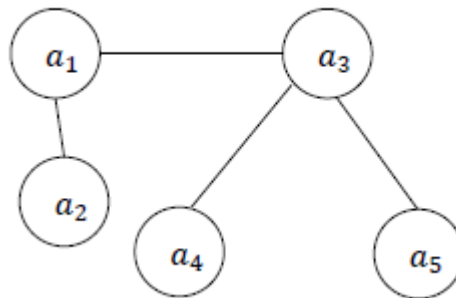


Рисунок 2.3 – Граф змісту курсу CT_i

Об'єднання елементів моделі EM_i та EM_j (навчальний контент курсів) знаходиться наступним чином:

$$EM_{un} = EM_i \cup EM_j = \langle P_i \cup P_j, E_i \cup E_{ij} \rangle.$$

Аналогічно визначається компонент Q_{int} (фонд оціночних засобів) об'єднання курсів:

$$Q_{un} = Q_i \cup Q_j = \langle QB_i \cup QB_j, QS_i \cup QS_j \rangle.$$

Операція об'єднання курсів використовується у тих випадках, коли потрібно створити інтегрований навчальний курс на основі вже існуючих у системі.

Введемо поняття інтегрованого курсу. Інтегрованим навчальним курсом $K_{int}(K_i, K_j)$, створеним з урахуванням курсу шляхом приєднання курсу , назовемо курс, отриманий з допомогою операції об'єднання курсів K_i, K_j .

Операція перетину курсів визначається так:

$$K_{sec} = K_i \cap K_j = \langle G_i \cap G_j, CT_i \cap CT_j, EM_i \cap EM_j, Q_i \cap Q_j \rangle.$$

Так як G_i та G_j представляють множини, то перетинання їх виконується як перетин відповідних множин:

$$G_{sek} = G_i \cap G_j$$

Компоненти CT_i та CT_j представляють графи. Їх перетин визначається на підставі операції перетину графів [16].

Кожен із елементів CT_i та CT_j представляє граф, заданий безліччю вершин CTN_i та безліччю ребер CTR_i , що складається з пар елементів $\{(ctn_{ij}, ctn_{it},)\}$. згідно з визначенням операції перетину графів:

$$CTN_{sec} = CTN_i \cap CTN_j,$$

$$CTR_{sec} = CTR_i \cap CTR_j,$$

где CTN_{sek} – множина вершин графа курсу, отриманого перетином

курсів i и j , CTR_{sek} – множина ребер цього графа.

Приклад. Граф змісту курсу заданий в такий спосіб:

$$CTN_i = \{a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\},$$

$$CTR_i = \{(a_0, a_1), (a_1, a_3), (a_2, a_4), (a_2, a_5), (a_2, a_6), (a_0, a_2)\}.$$

Граф змісту курсу CT_i представлений на рисунку 2.4.

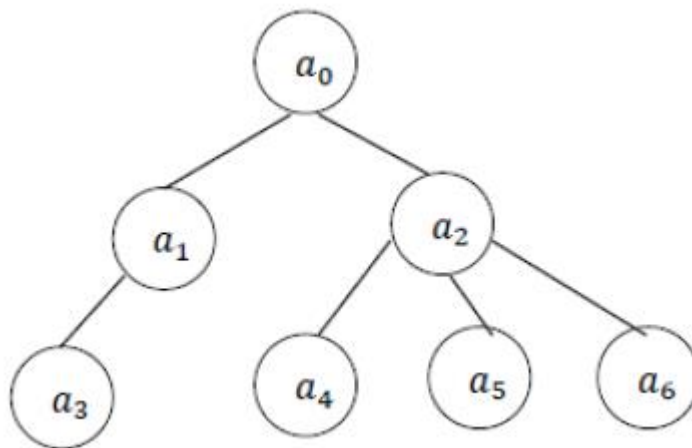


Рисунок 2.4 – Граф змісту курсу CT_i

Граф змісту курсу CT_j задан наступним чином (рисунок 2.5):

$$CTN_j = \{a_0, a_2, a_4, a_5, a_7, a_8, a_9\},$$

$$CTR_j = \{(a_0, a_2), (a_0, a_8), (a_2, a_4), (a_2, a_5), (a_2, a_7), (a_8, a_9)\}.$$

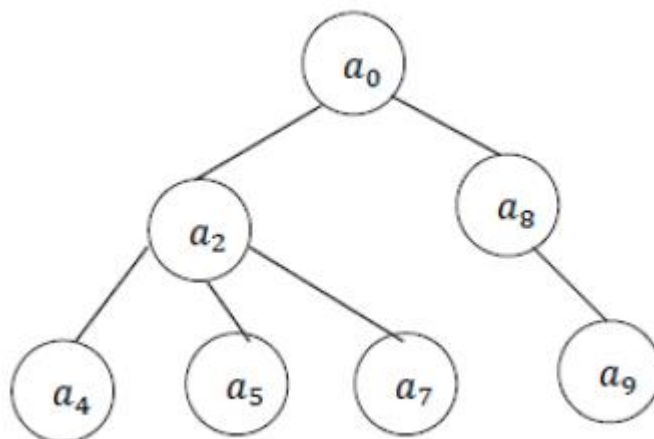


Рисунок 2.5 – Граф змісту курсу CT_j

Перетином графів змісту курсів i і j є така множина (рисунок 2.6):

$$CTN_{sec} = CTN_i \cap CTN_j = \{a_0, a_2, a_4, a_5\},$$

$$CTR_{sec} = CTR_i \cap CTR_j = \{(a_0, a_2), (a_2, a_4), (a_2, a_5)\}.$$

Перетин елементів моделі та (навчальний зміст курсів) знаходиться наступним чином:

$$EM_{sec} = EM_i \cap EM_j = \langle P_i \cap P_j, E_i \cap E_j \rangle.$$

Компонент Q_{sek} (фонд оцінювальних засобів) перетину курсів:

$$Q_{sec} = Q_i \cap Q_j = \langle QB_i \cap QB_j, QS_i \cap QS_j \rangle.$$

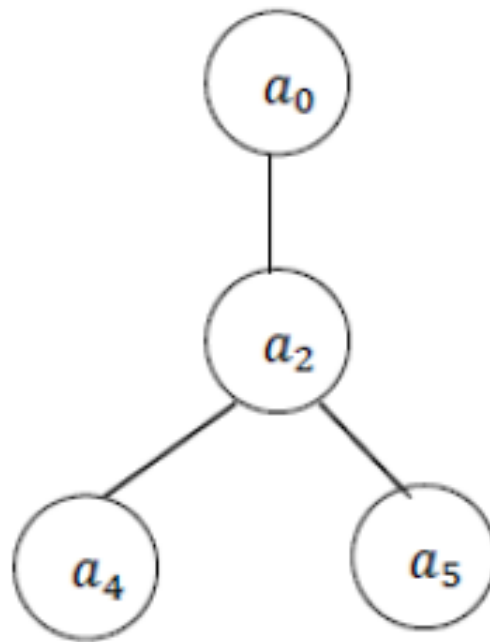


Рисунок 2.6 – Граф змісту перетину курсів

Операція перетину використовується у випадках, коли потрібно виділити загальний розділ кількох навчальних курсів.

3 ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ E-LEARNING

3.1 Оптимізація структури теоретичної частини навчального курсу з використанням штучної імунної системи

Запропонована у другому розділі математична модель навчальної системи дозволяє створювати програмним шляхом нові навчальні курси на основі існуючих, що призводить до зменшення витрат на підтримку роботи системи та її розвиток. Однак курси, отримані автоматичним шляхом, далеко не завжди є оптимальними за такими параметрами, як структура змісту, кількість часу, що витрачається на їх вивчення тощо.

Розглянемо граф змісту i -го навчального курсу:

$$CT_i = \langle CTN_i, CTR_j \rangle$$

де $CTN_i = \{ctn_{ij}\}$, індекс j визначає номер дидактичної одиниці у цьому курсі.

Завдання полягає у визначенні оптимальної послідовності вивчення дидактичних одиниць. Особливістю завдання є необхідність урахування взаємозв'язків, що визначаються ребрами графа CT_i .

Для формалізації задачі вважатимемо, що порядок вивчення елементів змісту курсу можна подати у вигляді вектора $A = (A_1, \dots, A_l)$,

де A_i -а дидактична одиниця, l - кількість дидактичних одиниць (вершин графа). Зауважимо, що й дидактична одиниця A_i передуює A_j і з-поміж них існує зв'язок, то $i < j$.

Це завдання відноситься до класу завдань комбінаторної оптимізації, тому для її вирішення пропонується використовувати біонічні системи у вигляді штучної імунної системи.

Штучна імунна система ґрунтується на біологічних принципах

природної імунної системи людини (рисунок 3.1). Як і природні імунні системи, штучні імунні системи використовують модель розпізнавання чужорідних структур – антигенів – спеціальними рецепторами – антитілами. Штучна імунна система представляє ідеалізований варіант природного аналога і відтворює ключові складові природного процесу: відбір найкращих антитіл популяції залежно від ступеня їхнього афінітету (близькості) до антигену, клонування антитіл, мутація антитіл.



Рисунок 3.1 – Компоненти імунної системи

Алгоритм функціонування штучної імунної системи можна наступним чином.

- 1 Визначення антигену.
- 2 Формування первісної популяції антитіл розміром N .
- 3 Обчислення афінітет A_{ff} кожного антитіла поточної популяції до антигену.
- 4 Відбір у поточній популяції антитіл, що мають найкращі показники афінітету та отримання деякої кількості їх копій (клонування).

5 Мутація клонів антитіл, що полягає у внесенні випадковим чином змін до їхньої структури.

6 Обчислення афінітету A_{ff} клонів антитіл.

7 Формування нової популяції шляхом приєднання клонів антитіл до поточної популяції. Визначення поточного рішення – антитіла із найкращим показником афінітету.

8 Видалення певної частини антитіл із найгіршими показниками афінітету.

9 Генерація нових випадково сформованих антитіл та їхнє приєднання до популяції до відновлення її чисельності N .

10 Умовою закінчення алгоритму є стабілізація популяції протягом деякої кількості циклів. Якщо умову виконано, рішенням є антитіло з найкращим показником афінітету, якщо не виконано, перехід до кроку 3.

Наведена схема реалізується в такий спосіб (рисунок 3.2). Система зв'язків між елементами змісту може бути задана за допомогою графа. Для характеристики системи зв'язків використовуються такі показники. Довжина існуючого зв'язку (є відповідне ребро у графі змісту) $A_i A_j$ визначається так [5]:

$$P(A_i, A_j) = j - i. \quad (3.1)$$

Ефективністю зв'язку називається величина, обернена до її довжини [12]:

$$T(A_i, A_j) = \frac{1}{P(A_i, A_j)}. \quad (3.2)$$

Середня довжина зв'язку

$$p_{\text{ср}} = \frac{\sum P(A_i, A_j)}{m_1}, \quad (3.3)$$

де $\sum P(A_i, A_j)$ сума довжин всіх існуючих зв'язків, а m_1 – кількість зв'язків.

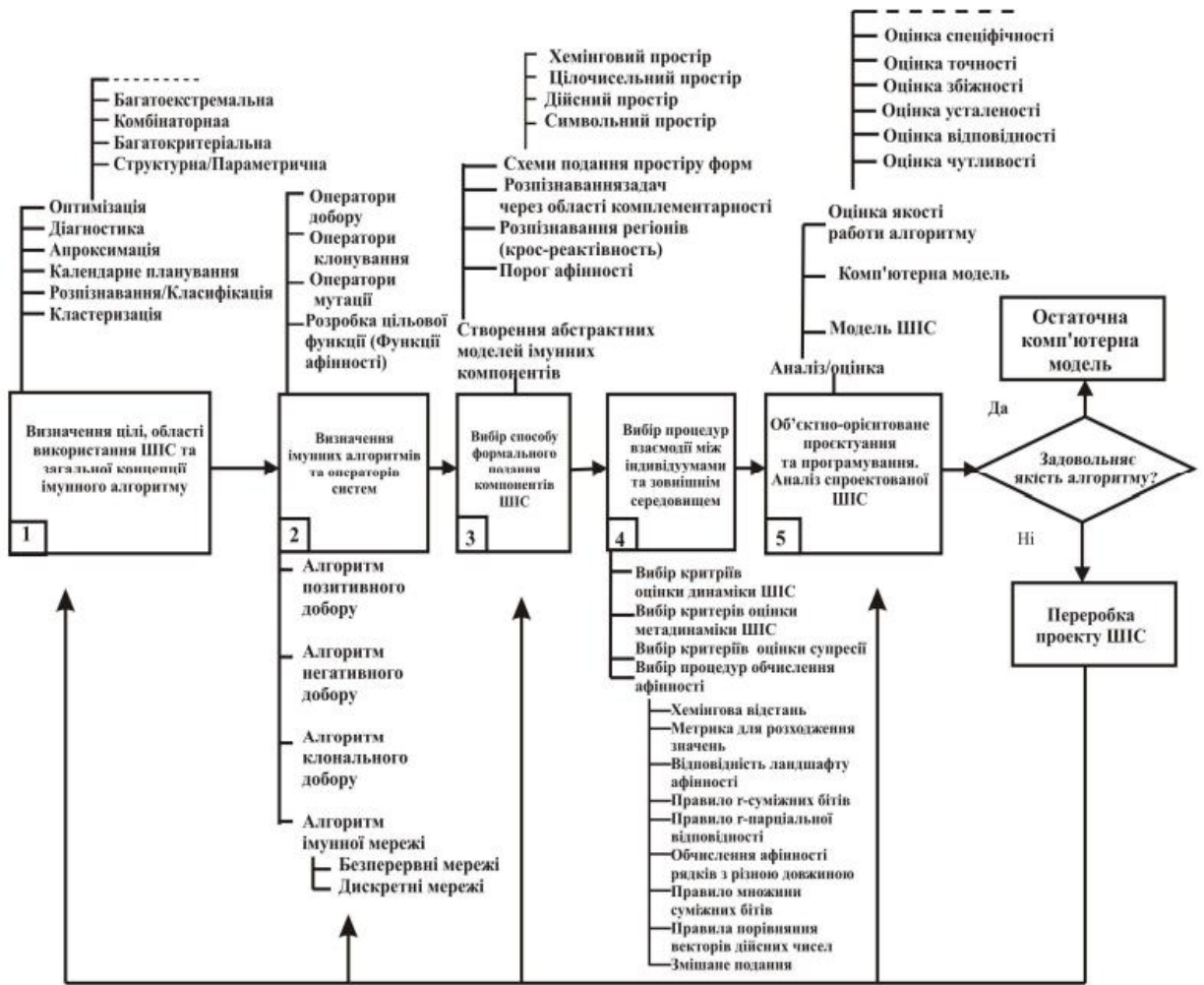


Рисунок 3.2 – Процес проектування ШС



Рисунок 3.3 – Гібридна архітектура ШС (1 варіант)



Рисунок 3.4 – Гібридна архітектура ШС (2 варіант)

На рисунках 3.3 та 3.4 відображено варіанти архітектур ШС для різних типів гібридизації. Під задачею мається на увазі будь-яка оптимізація, апроксимації, класифікації, кластеризації тощо, яка допомагає розв'язати завдання за допомогою запропонованого методу. Ефективність системи зв'язків визначена як величина, обернена до середньої довжини і може бути виражена у відсотках:

$$E(A) = \frac{100}{P_{cp}} \% \quad (3.4)$$

У навчальній системі оптимізації структури теоретичної частини курсу використовувалася штучна імунна система.

Компоненти вектора A задовольняють такій умові: якщо дидактична одиниця змісту курсу A_i використовується для вивчення дидактичної одиниці

$$A_j, \text{ то } i < j. \quad (3.5)$$

Потрібно визначити вектор A , такий, що $E(A) \rightarrow \max$, при обмеженні,

заданому умовою (3.5).

Алгоритм оптимізації структури теоретичної частини навчального курсу з використанням штучної імунної системи.

1 Визначення антигену. Як антиген A_g розглядається орієнтований граф змісту курсу, в якому орієнтація ребер здійснена експертом. Якщо знайомство з дидактичною одиницею курсу необхідне вивчення A_j , то графі існує ребро (A_i, A_j) .

2 Формування популяції антитіл. Антитіло $Ab = (Ab_1, \dots, Ab_l)$ представляє вектор елементів содержания курсу, пронумерованих в порядку изучения. При генерации антитела порядок изучения элементов формируется случайным образом, с учетом требований к последовательности изучения элементов, заданной графом содержания курса (антигеном). Размерность популяции N_p определяется экспертом.

3 Вычисление аффинитета антител. Аффинитет показывает соответствие антитела антигену. Мерой аффинитета Aff антитела антигену (целевой функцией) является эффективность системы связей, вычисляемая по формулам (3.1)-(3.4):

$$Aff (Ab) = E (Ab) \quad (3.5)$$

4 Відбір антитіл із найкращими показниками афінітету та його клонування (створення копій). Вибирається k_1 антитіл ($k_1 < N_p$) та створюється p_1 копій кожного екземпляра.

5 Оператор мутації. У дисертації запропоновано оператора мутації, який полягає у зміні порядку вивчення окремих елементів курсу. З цією метою вибираються два компоненти антитіла, між якими відсутній зв'язок в антигені та змінюються місцями їх значення (змінюється порядок вивчення дидактичних одиниць курсу). Цим досягається відповідність отриманих антитіл обмеженням завдання. Оператор мутації застосовується до клонів антитіл. Для кожного із новоприйнятих екземплярів обчислюється афінітет.

6 Формування нової популяції. Отримані на попередньому етапі клони

антитіл приєднуються до популяції. Потім видаляється r_1 ($k_1 p_1 < r_1 < N_p$) антитіл із найгіршими показниками афінитету. Для відновлення чисельності генерується та приєднується до популяції $r_1 - k_1 p_1$ нових антигенів.

Кроки 3-6 повторюються. Умовою закінчення алгоритму є стабілізація популяції протягом кількох циклів. Якщо умову виконано, рішенням є антитіло з найкращим показником афінитету, тобто вектор дидактичних одиниць курсу із найбільшою ефективністю системи зв'язків.

3.2 Оцінка знань із використанням нейронної мережі

Контроль знань учнів проводився з допомогою тестування. Завдання оцінки знань учнів представляє класифікацію учнів групи, усередині кожної з яких учні отримують однакову оцінку (у традиційному навчанні ця оцінка визначається за п'ятибальною системою). Отже, завдання оцінювання знань учнів зводиться до класифікації. Використання нейромережевих технологій дозволяє автоматизувати процес. Для вирішення завдання використовувалась мережа Кохонена. У цій кількості входів кожного нейрона дорівнює розмірності параметрів об'єкта, що класифікується. Об'єкти, що класифікуються, подають відповіді студентів на питання тесту. Кожен нейрон має число входів, що збігається з числом тестових питань. Кількість нейронів дорівнює числу груп, на які будуть розділені учні.

Студенти будуть ділитися на 4 класи:

- 1 студенти які показали знання нижче рівня освітнього стандарту;
- 2 студенти, чиї знання відповідають вимогам освітнього стандарту (задовільно);
- 3 студенти, які показали знання вище рівня стандарту «добре»;
- 4 студенти, яким можна виставити оцінка «відмінно».

У процесі проходження тестування учням формується вектор його відповіді питання тесту, компонентами якого є 0 і один.

Параметри нейронів мережі становлять стовпці вагової матриці. На

першому етапі значення ваги задаються випадковим чином значеннями з проміжку $[0,1]$. У процесі навчання мережі за умови пред'явлення на вхід кожного з векторів навчальної вибірки ці значення модифікуються в процесі самоорганізації.

Алгоритм навчання мережі Кохонена визначається в такий спосіб.

1 Ініціалізація мережі. Вагові коефіцієнти мережі набувають значення випадковим чином із проміжку $[0,1]$. Визначаються початкове значення темпу навчання і D_N максимальна відстань між векторами ваг (стовпцями вагової матриці).

2 На вхід мережі подається вектор X з навчальної вибірки. Обчислюється відстань від вхідного вектора до всіх нейронів мережі за такою формулою:

$$d_j = \sum_{i=1}^n (x_i - w_{ij}^N)^2, \quad j = \overline{1, m}.$$

3 Вибирається нейрон з номером k , $1 \leq k \leq m$, відстань від якого до вхідного вектора найменша.

4. Модифікуються ваги k -того нейрона та інших, відстань до яких від k -го нейрона менше або дорівнює D_N :

$$w_{ij}^{N+1} = w_{ij}^N + \alpha_N (x_i - w_{ij}^N).$$

5 Значення зменшуються.

Кроки 2-5 повторюються до тих пір, поки не буде досягнуто стабілізація вагової матриці (ваги мережі перестають змінюватися протягом достатньої кількості циклів або сумарна зміна ваги мережі менше величини досить малої величини, заданої користувачем).

По завершенню навчання мережі може бути виконано оцінку знань учнів. З цією метою вектор відповідей студента на запитання тесту подається на вхід мережі та обчислюється відстань від цього вектора до кожного з нейронів мережі. Нейрон з найменшою відстанню до вхідного вектора визначає клас, до якого належить дана відповідь, що визначає оцінку

результатів тестування.

У ході виконання цього розділу було розроблено алгоритм оптимізації структури теоретичної частини курсу з використанням штучної імунної системи та експериментально перевірено його ефективність.

Розроблено алгоритм оптимізації змісту практичної частини курсу на основі модифікованої моделі Марковіца.

Використання нейромережових технологій класифікації дозволяє проводити оцінку знань учнів.

4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ

4.1 Інтерфейс користувача

Інтерфейс користувача представляє таку систему сторінок.

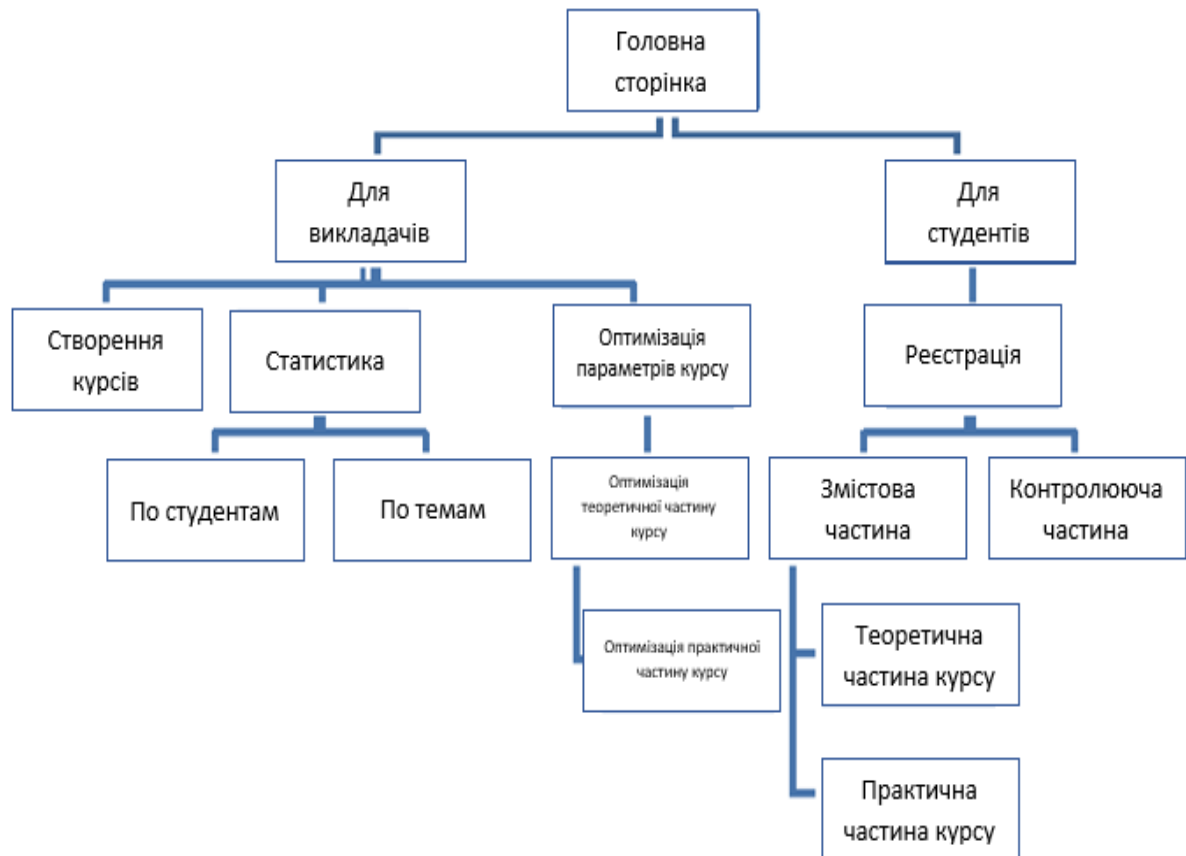


Рисунок 4.1 – Інтерфейс користувача навчальної системи

Головна сторінка - спільна всім користувачів і є сполучним вузлом між різними розділами системи (рисунок 4.1). На сторінці доступні два блоки входу – вхід під викладацьким обліковим записом та вхід під студентським обліковим записом. Також передбачено можливість зареєструвати новий обліковий запис студента.

Сторінка реєстрації нового облікового запису студента пропонує користувачеві ввести інформацію про себе для закладу в навчальній системі

профілю. Користувач вводить також логін та пароль, за допомогою яких надаватиметься доступ до особистого кабінету.

Після реєстрації як навчається користувач відразу потрапляє до свого особистого кабінету. Ця сторінка є наступним сполучним вузлом – перебуваючи в особистому кабінеті можна переглядати поточний список навчальних курсів, у кожному з курсів виконувати теоретичну та практичну частину, проходити тестування, переглядати всі свої результати з повним наданням інформації про пройдені тести, змінювати персональні дані.

На сторінці «Результати» надається вся інформація про результати тестування по кожному курсу. Крім оцінки та дати виконання, користувачеві надається також і маска відповідей, яка показує правильні та неправильні відповіді на питання конкретного тестування. Перейшовши на посилання для кожного тесту, користувач зможе побачити, які питання були в цьому тесті. Однак можливість змінити відповіді не надається.

Після введення логіну та пароля у форму на головній сторінці, користувач потрапляє до особистого кабінету викладача. Користувачеві пропонуються сторінки «Створення курсів», «Статистика» та «Оптимізація». Сторінка «Статистика» представляє зведену таблицю даних про студентів та пройдені ними тести щодо кожного зі створених викладачем курсів. Переглядаючи результати тестування, викладач зможе побачити, які питання були в цьому тесті для цього студента. На сторінці «Оптимізація» викладач має можливість виконати для кожного створеного ним навчального курсу оптимізацію змісту курсу системи практичних завдань курсу.

4.2 Організація роботи з базою даних

Засобом реалізації поставлених завдань було обрано середовище розробки C++ та СУБД.

Функціональна схема (рисунок 4.2). програмного комплексу виглядає так:

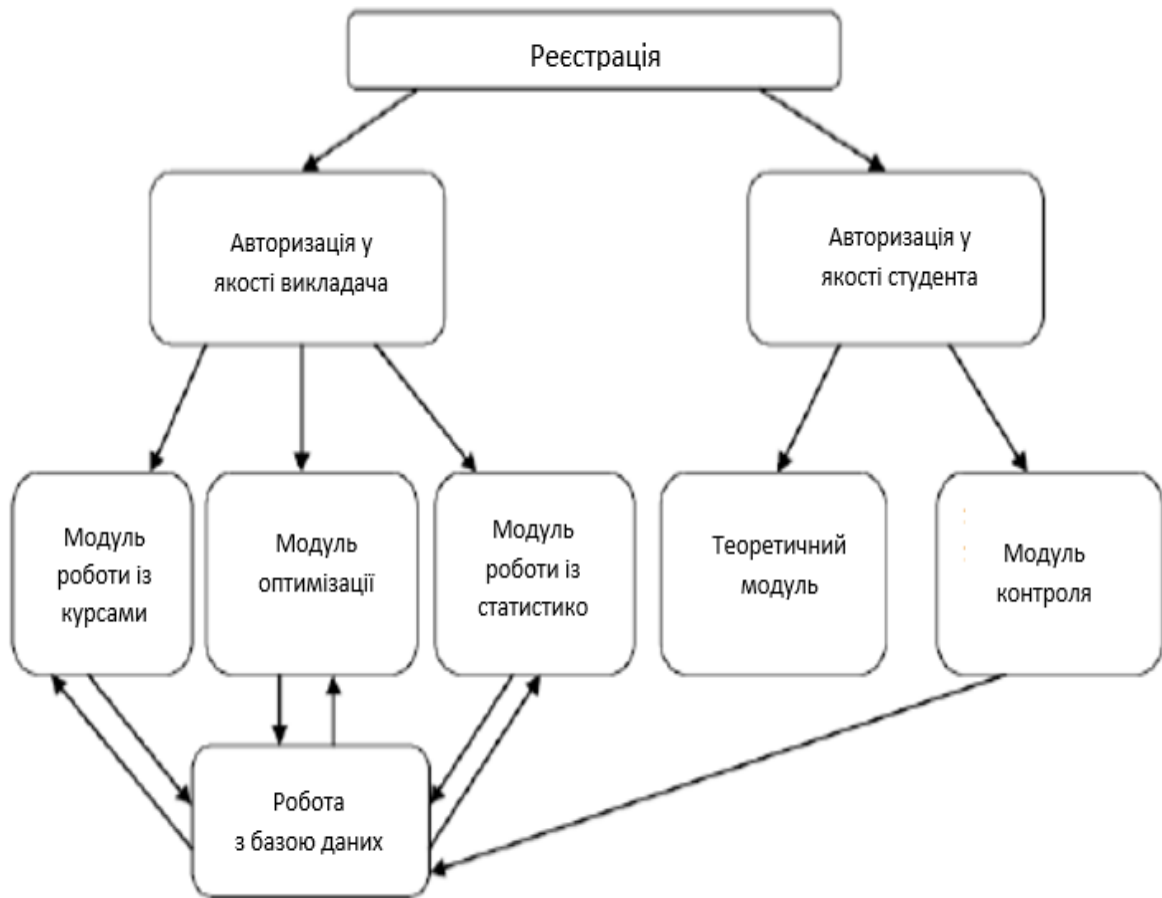


Рисунок 4.2 – Функціональна схема програмного комплексу

Як показує функціональна схема, розроблений програмний комплекс призначений на вирішення наступних завдань. Перша частина системи призначена для роботи користувача з вибраним навчальним курсом як учня. Друга частина системи забезпечує роботу викладача: дозволяє створювати та оптимізувати навчальні курси з використанням накопиченої статистичної інформації.

Отримання, зберігання та обробка інформації про функціонування навчального курсу вимагають наявності зручної та функціональної системи зберігання даних. Для зберігання та управління даними була обрана СУБД SQL, оскільки при роботі з інтегрованим середовищем програмування C++ [8] вона дозволяє організувати надійне зберігання інформації та оперативно

отримувати доступ до даних. Структурна схема взаємодії основних модулів показана на рисунку 4.3.

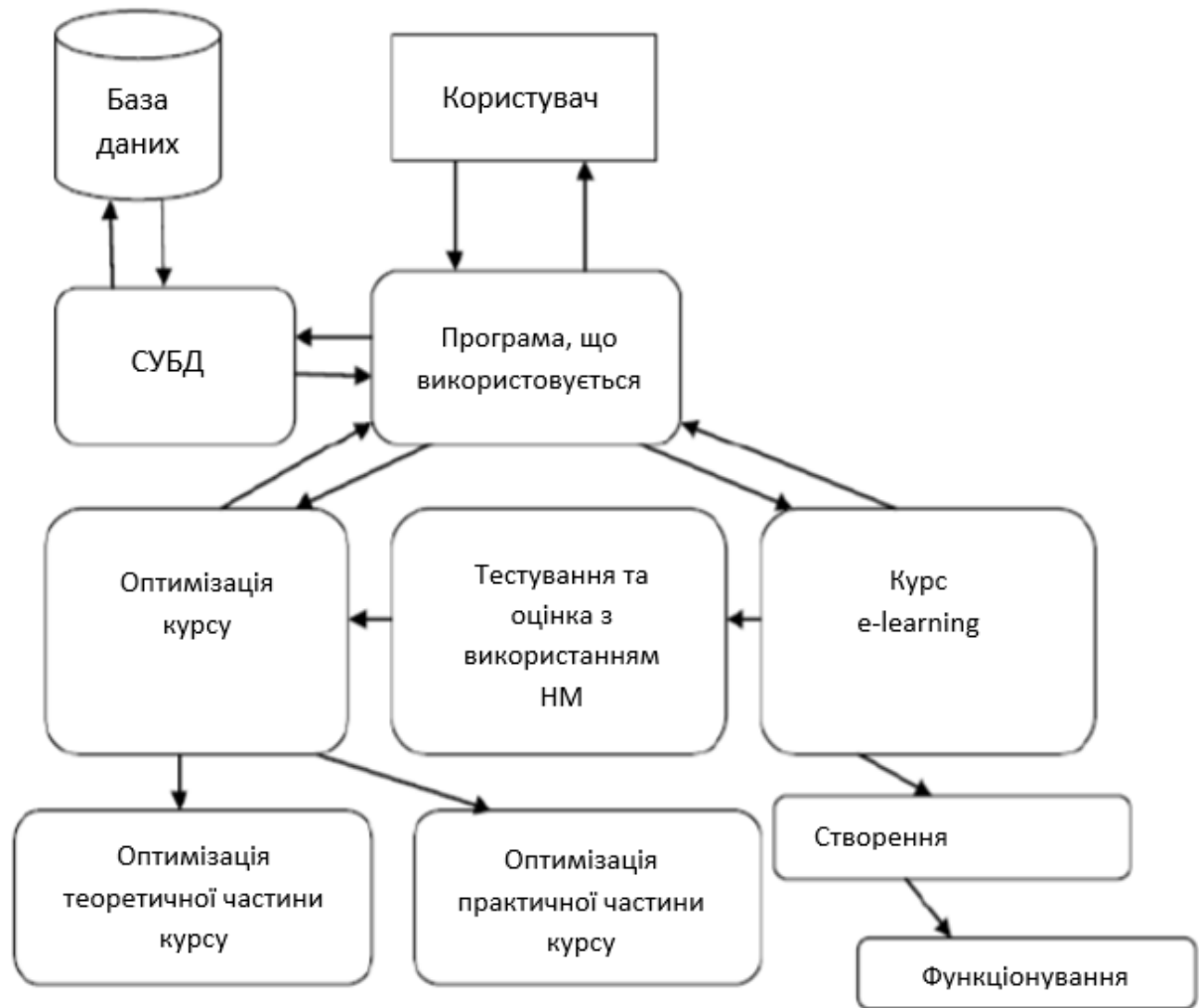


Рисунок 4.3 – Структурна схема взаємодії модулів навчальної системи

Як показує функціональна схема, розроблений програмний комплекс призначений на вирішення наступних завдань. Перша частина системи призначена для роботи користувача з вибраним навчальним курсом як учня. Друга частина системи забезпечує роботу викладача: дозволяє створювати та оптимізувати навчальні курси з використанням накопиченої статистичної інформації.

Отримання, зберігання та обробка інформації про функціонування навчального курсу вимагають наявності зручної та функціональної системи

зберігання даних. Для зберігання та управління даними була обрана СУБД SQL, тому що при роботі з інтегрованим середовищем програмування C++ [8] вона дозволяє організувати надійне зберігання інформації та оперативно отримувати доступ до даних.

В рамках процесу створення навчальної системи було спроектовано базу даних, що зберігає всю потрібну інформацію. Створення бази даних на сервері відбувається запуском програми модуля будівника бази даних `create_db.exe`, створеного серед C++. Виконання зазначеної програми створює та дозволяє частково заповнити базу даних на сервері. Далі ставиться модуль, що дозволяє організувати подальшу роботу з нею.

Для функціонування навчального курсу необхідне зберігання даних про навчальні курси, профілі викладачів та студентів.

Дані про навчальні курси включають:

- - перелік компетенцій курсу;
- - список дидактичних одиниць змісту курсу;
- - дані про послідовність вивчення дидактичних одиниць змісту;
- - дані про кількість та зміст практичних завдань навчального курсу;
- - дані про питання для контрольного тестування.

Профіль викладача включає логін викладача, пароль викладача, список створених ним у системі курсів. Профіль учня містить його логін та пароль, дані про курси, з якими працює учня та їх поточний стан, результати тестування студента.

4.3 Схеми роботи модуля оптимізації

Цей модуль складається із двох розділів. У рамках першого розділу реалізовано алгоритм оптимізації змісту навчального курсу із використанням штучної імунної системи. У другому розділі штучна імунна система використовувалася для оптимізації компонента змісту практичної частини курсу.

Оптимізація вмісту штучної імунної системи проводиться у модулі `opt_content_iis.exe`. Структура модуля розроблена відповідно до алгоритму оптимізації з використанням штучної імунної системи, описаним у розділі 3.

Робота алгоритму починається з формування антигену та початкової популяції рішень. Для цього передбачено модуль роботи з базою даних. Отримані з бази даних відомості про основні одиниці змісту навчального курсу та зв'язки між ними обробляються в блоці генерації антигену. На першому етапі з безлічі елементів змісту виключаються і поміщаються в окрему множину елементи, що не є початковими елементами жодного зв'язку. Потім цей процес повторюється. Підмножина елементів змісту, виключених останніми, вважається підмножиною елементів першого рівня, підмножина виключених передостанніми вважається елементами другого рівня, і так далі.

Елементом змісту, виключеним першими, надається найвищий рівень. Антиген представляє масив, рядки якого поміщаються елементи відповідного рівня.

У блоці генерації антитіл створюється населення антитіл. Для представлення антитіла використовується двовимірний масив, елементами якого елементи змісту курсу. Номер рядка відповідає рівню, наданому елементу змісту, а номер стовпця показує порядок вивчення елементів змісту кожному рівні. При генерації антитіла порядок вивчення елементів кожному рівні встановлюється випадковим чином. Для заповнення кожного рядка масиву, що зберігає антитіло, випадково вибираються елементи з безлічі елементів змісту відповідного рівня вивчення. Кількість антитіл у популяції визначається користувачем.

У модулі мутації передбачено два типи змін: при мутації першого типу випадково вибирається рівень вивчення елементів (номер рядка в масиві) і елементи цього рядка змінюються місцями, змінюючи таким чином порядок вивчення елементів; при мутації другого типу відбувається обмін відповідних рядків у масивів, що представляють два різні антитіла. Антитіла,

що мутували, приєднуються до популяції. У модулі відбору відбувається обчислення оцінки афінитет розширеної популяції та відновлення її чисельності шляхом видалення антитіл з найгіршими показниками афінитету, а також генерування деякої кількості нових антитіл. Отримана оновлена популяція зберігається, антитіло з найкращим показником афінитет визначається як поточне рішення.

Потім перевіряється умова зупинення алгоритму, що полягає у стабілізації популяції антитіл протягом досить великої кількості циклів. Якщо умова виконана, поточне рішення представляє оптимальну структуру змісту навчального курсу, яка заноситься до бази даних.

Селекція антитіл проводиться на основі оцінки афінитету антитіл у відповідному модулі. У модулі оцінки антитіл відбувається перетворення системи зв'язків між елементами змісту, потім афінитет антитіла розраховується за формулами (3.1) – (3.4). На цьому етапі виділяється група антитіл з найкращими показниками афінитет, яка спрямовується в модуль мутації.

4.4 Інструкція по роботі з програмним комплексом

Після встановлення програмного комплексу користувачеві з правами адміністратора необхідно внести до бази даних такі необхідні для роботи системи відомості.

1 Список компетенцій, які формуються у студентів у результаті освоєння курсів навчальної системи. Назви компетенцій та їх зміст заповнюються адміністратором суворо відповідно до основної освітньої програми відповідного профілю навчання (рисунок 4.4).

2 Відомості про навчальні курси (предмети): найменування, семестр вивчення, компетенції, що формуються в результаті вивчення кожного з них (рисунок 4.5). Дані заповнюються строго відповідно до робочої програми кожного предмета.

З Створюються профілі викладачів, до кожного з яких вносяться дані про прізвище, ім'я, по батькові, місце роботи. Для кожного з викладачів автоматично генерується та заноситься до бази даних логін та пароль для роботи з системою.

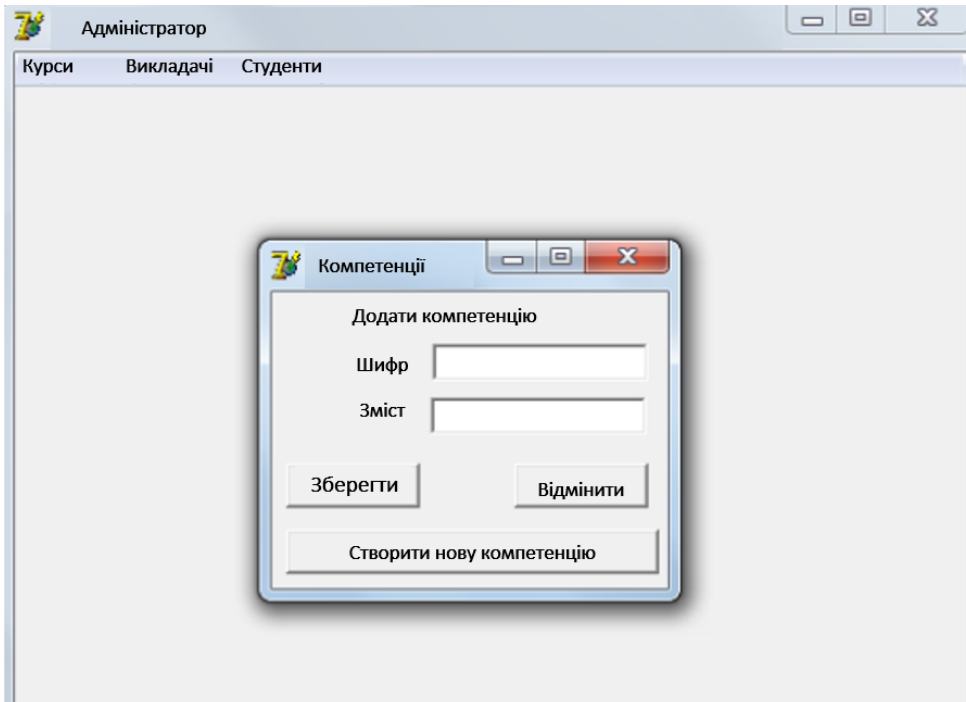


Рисунок 4.4 – Додавання компетенції

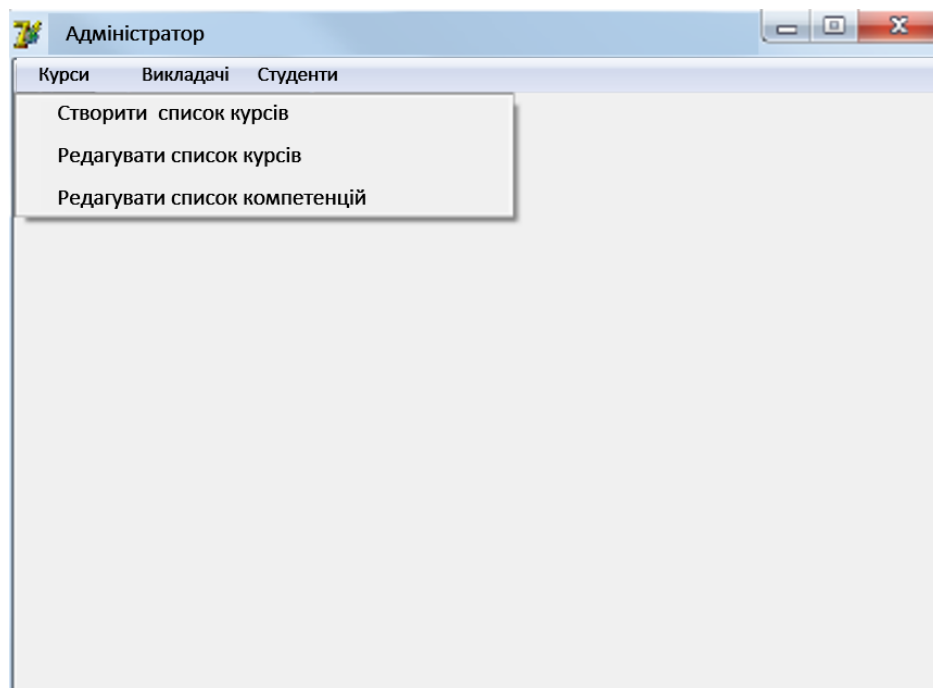


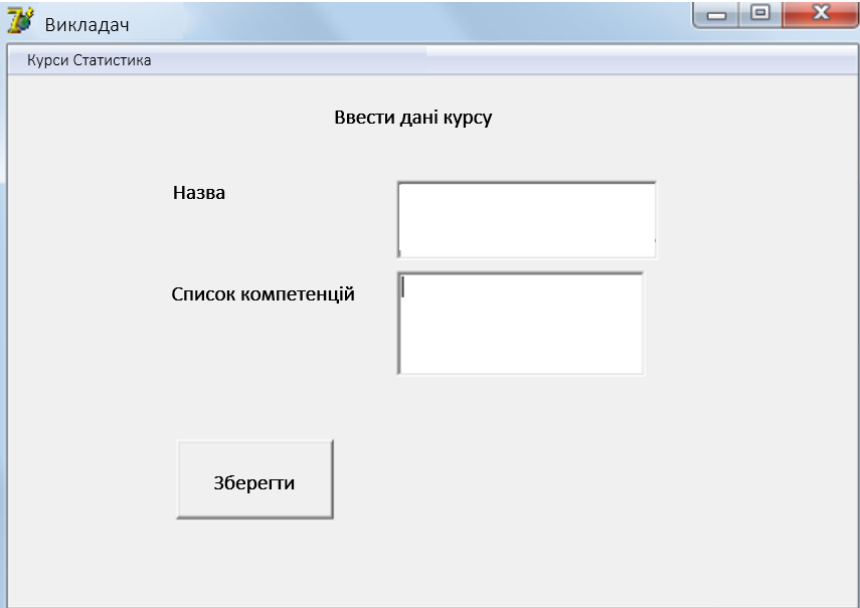
Рисунок 4.5 – Робота з курсами

4 Створюються профілі учнів, до яких необхідно внести дані про прізвище, ім'я, по батькові. Вноситься номер групи відповідно до офіційних позначень, оскільки в цьому випадку однозначно визначається курс, напрямок та спеціальність студента. Номер групи визначає список курсів, доступних користувачеві.

Для кожного користувача генерується логін та пароль для роботи з системою.

Користувач, зареєстрований як викладач, має можливість створювати та редагувати курси, переглядати статистику. Так само викладач може створити інтегрований курс на основі вже наявних у системі.

Для створення нового курсу потрібно вибрати відповідний пункт меню. Після цього викладачеві буде запропоновано ввести його назву або вибрати зі списку наявних, вказати компетенції, що формуються у процесі вивчення даного курсу. Найменування курсу та список компетенцій необхідно вносити відповідно до основної загальноосвітньої програми профілю підготовки студентів, для яких він призначений. Далі необхідно внести найменування дидактичних одиниць (змістовних розділів курсу) відповідно до робочої програми (рисунок 4.6).

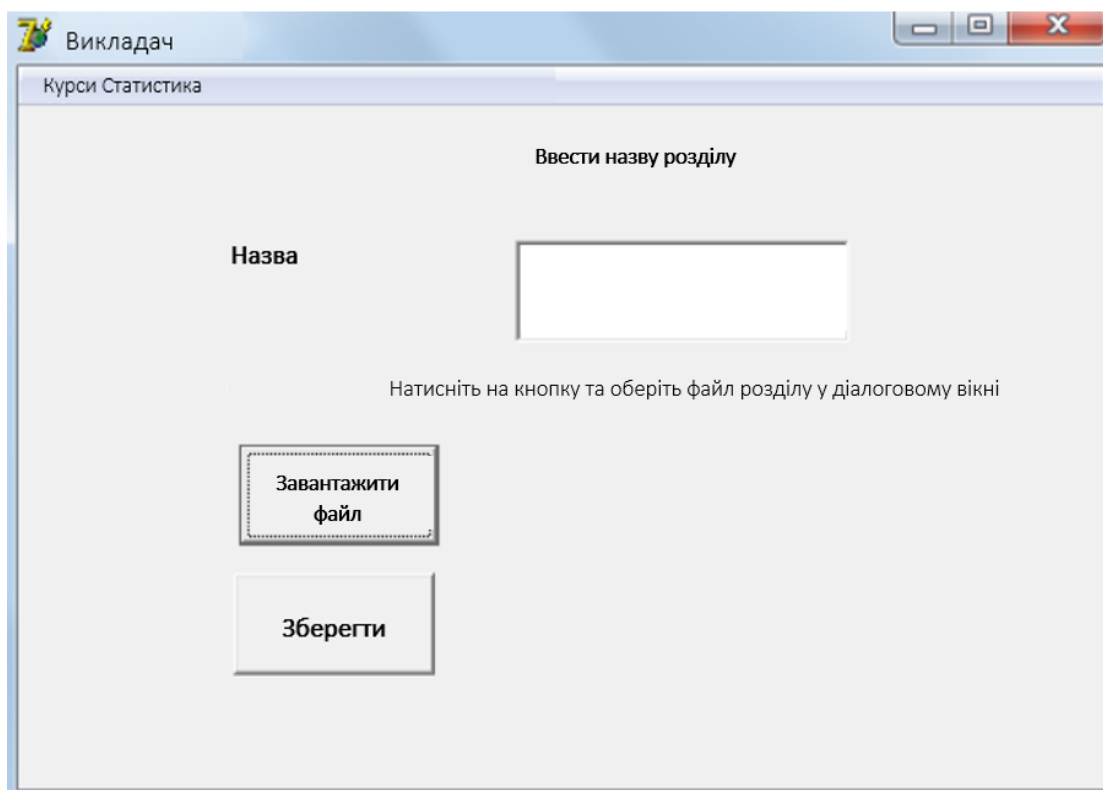


The screenshot shows a window titled "Викладач" (Teacher) with a subtitle "Курси Статистика" (Courses Statistics). The main area is titled "Ввести дані курсу" (Enter course data). It contains two input fields: "Назва" (Name) and "Список компетенцій" (List of competencies). Below the fields is a button labeled "Зберегти" (Save).

Рисунок 4.6 – Створення курсу

Для завантаження теоретичного змісту курсу матеріали мають бути представлені як файлів формату txt, doc, docx, pdf. Матеріал кожного розділу повинен бути представлений в окремому файлі, всі файли розміщуються в окремій папці.

Підготовлений таким чином матеріал може бути направлений адміністратору або розміщений викладачем у системі самостійно через форму у програмі (рисунок 4.7).



Викладач

Курси Статистика

Ввести назву розділу

Назва

Натисніть на кнопку та оберіть файл розділу у діалоговому вікні

Завантажити файл

Зберегти

Рисунок 4.7 – Додавання теоретичного розділу курсу

Система практичних завдань курсу представляє матеріали як файлів формату txt, doc, docx, pdf. Кожен файл містить формулювання завдання та критерії його оцінки. Підготовлений таким чином матеріал розміщується викладачем у системі самостійно, через форму у програмі. При створенні практичного завдання необхідно вибрати ті компетенції, на формування яких воно спрямоване, вибрати з паспорта відповідної компетенції вміння та

навички, які набувають учні в ході його виконання, потім завантажити відповідний файл.

Користувач, зареєстрований у ролі учня, має можливість переглядати теоретичний матеріал курсів, виконувати практичні завдання курсу, проходити тестування (рисунок 4.8).

При роботі з практичною частиною курсу необхідно вибрати завдання зі списку, виконати його та перевірити отримане рішення. Після вивчення теоретичної та практичної частини кожного розділу необхідно пройти тестування. Курс вважається завершеним, якщо студентом виконано тестування на позитивну оцінку кожного розділу.

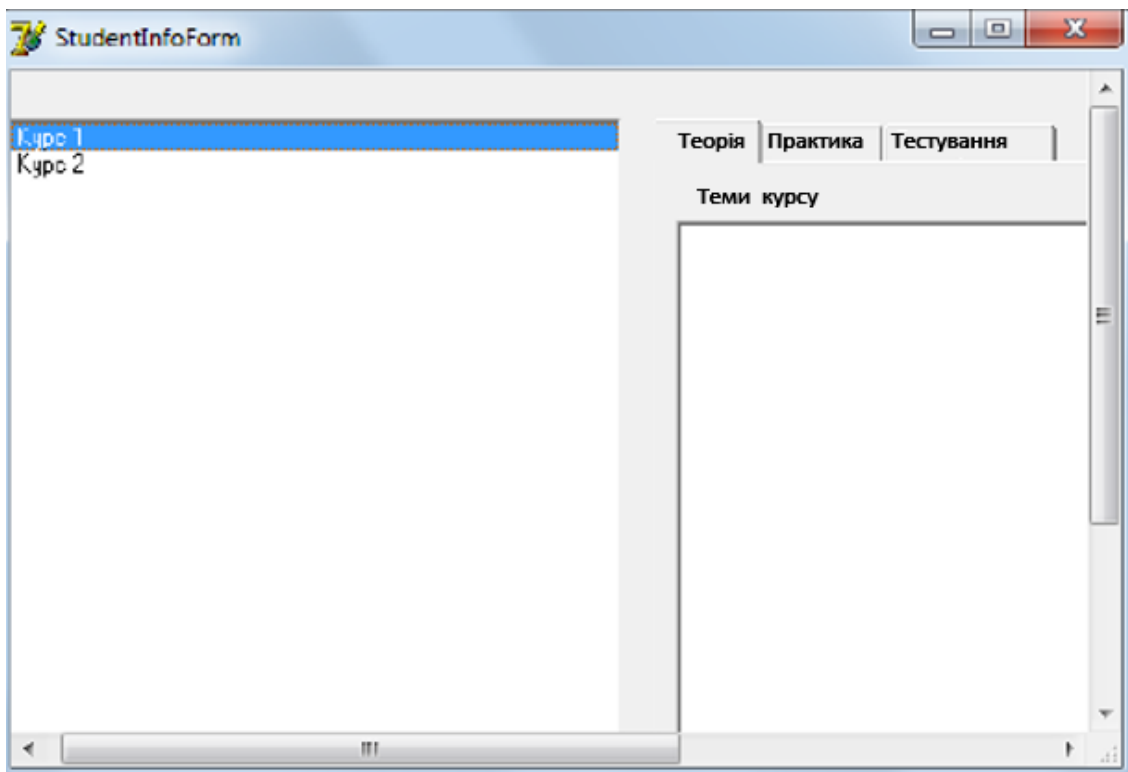


Рисунок 4.8 – Вибір студентами курсу у системі

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено інтерфейс користувача навчальної системи, яка використовує методи штучного інтелекту. Наведено структурну та функціональну схему взаємодіючих у навчальній системі модулів. Описано структуру та функціонування модуля тестування учнів та оцінку результатів тестування з

використанням нейромережових технологій. Описано реалізацію та функціонування модулів оптимізації структури теоретичної та змісту практичної частин навчального курсу.

ВИСНОВКИ

1 Розроблено математичну модель навчальної системи, що відрізняється формалізацією процесу навчання, і що дозволяє створювати нові навчальні курси.

2 Розроблено алгоритми оптимізації структури теоретичної та змісту практичної частин курсу, що відрізняються використанням штучної імунної системи, що дозволяють знаходити найкращі складові предмета.

3 Створено програмне забезпечення, що реалізує розроблені алгоритми, що дозволило спростити завдання оптимізації навчальних курсів та оцінки результатів тестування учнів.

4 Розроблений метод порівнювався з аналогічними, з аналогічними іншими. В результаті було отримано кращі структури з оцінки показників.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Б.В. Бутенко, Г.А. Кучук. Використання технологій штучного інтелекту у навчальних системах. Тези доповідей 12-ої міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації», 21-22 листопада 2024р. Баку: ІСУ – Харків: ХНУРЕ, 2024.
2. Кучук Н.Г. Ефективність управління ресурсами e-Learning в гіперконвергентному середовищі / Н. Г. Кучук, Н. В. Лукова-Чуйко // Системи управління, навігації та зв'язку : науковий журнал. – Полтава : Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2018. – Вип. 1(47). – С. 123 - 126.
3. Deb K. Multi-objective optimization using evolutionary algorithms. / К. Deb – Wiley, 2019. –518 p.
4. Garret S.M. How do we evaluate artificial immune systems?/ S.M.Garret // 2005. – Vol 13. – P.145-178.
5. Hani A. A Mathematical Model for Managing the Distribution of Information Flows for MPLS-TE Networks under Critical Conditions/ A. Hani, M. Alhihi, M. Samour, S. Shmatkov, N. Kuchuk Nina and other // Communications and Network , 2018, 10, P. 31-42 <http://www.scirp.org/journal/cn>
6. Hunt J.E. Learning using an artificial immune system./ J.E.Hunt, D.E. Cooke .// Journ. of Network Computing Applications – 1996 – Vol.19 – P.189-212.
7. Intelligent Tutoring Systems: Proceedings of Second International Conference// University de Montreal. – Montreal: Canada, 2022. – 578 p., 422 p.
8. T. Knight Aine: An immunological approach to data mining./T. Knight, J.Timmis // IEEE Intern. Conf. on Data Mining. . – 2019. . – P.297-304.
9. Kim J. Bentley P. Towards an artificial immune system for network intrusion detection: an investigation of dynamic clonal selection./ J. Kim J., P. Bentley// In Proc. Congress on Evolutionary Computation – Honolulu: HI, USA–

2020. – P.1244-1252.

10. Krishna K.K. Immunized adaptive critic for an autonomous aircraft control application. / K.K. Krishna, J. Neidhoefer Ed. by Dasgupta D. //Springer-Verlag Inc. – 2018 –Vol. 20. – P..221-240.

11. Patric W.Thompson Mathematical Microworlds and Intelligent /W. . Patric Thompson //Computer-assisted Instruction. In: “Artificial Intellegence and Instruction”. Ed: Kearsly. – 2017. – P. 83-109.

12. Song Q. Forecasting enrollments with fuzzy times series-part II/ Q. Song., B.S. Chissom // Fuzzy Sets and Systems. – 2023. – Vol. 54.

13. Song Q. Forecasting enrollments with fuzzy times series-part II/ Q. Song., B.S. Chissom // Fuzzy Sets and Systems. – 2020. – Vol.62

14. Tarakanov A.O. Formal peptide as basic of agent of immune networks: from natural prototype to mathematical theory and applications. /A. Tarakanov// Proceeding of the I Int workshop of central and Eastern Europe on Multi – Agent Systems. – 2019.

15. Zitzler E. Multiobjective evolutionary algorithms: A comparative case study and the strength Pareto approach/ E. Zitzler, L. Thiele // IEEE Transactions on Evolutionary Computation – 2019. – Vol. 3(4) – P. 257–271.

16. Hunt J.E. Learning using an artificial immune system./ J.E.Hunt, D.E. Cooke .// Journ. of Network Computing Applications – 1996 – Vol.19 – P.189-212.

17. Intelligent Tutoring Systems: Proceedings of Second International Conference// University de Montreal. – Montreal: Canada, 1988, 1992. – 578 p., 422 p.