

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Науково-навчальний центр заочної форми навчання
(повна назва)

Кафедра Програмної інженерії
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка
рівень вищої освіти - другий (магістерський)

Дослідження методів побудови індивідуальної траєкторії навчання в системах
дистанційної освіти
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи ПЗСзм-19-1 _____
Широкопетлева М.С.
(прізвище, ініціали)

спеціальності 121- Інженерія програмного забезпечення
(код і повна назва спеціальності)

Освітньо-професійної програми
(тип програми)

Програмне забезпечення систем
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф., к.т.н. Дудар З.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри, проф. _____

З.В.Дудар

2020р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Науково-навчальний центр заочної форми навчання

Кафедра Програмної інженерії

Рівень вищої освіти - другий (магістерський)

Спеціальність 121-Інженерія програмного забезпечення

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна програма

Освітня програма Програмне забезпечення систем

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«____» _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Широкопетлевій Марії Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів побудови індивідуальної траєкторії навчання в системах дистанційної освіти

затверджена наказом університету від " 26 " 10 2020 р № 174 Стз

заповнюється вручну після отримання наказу

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії

07 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи електронні ресурси за обраною тематикою, мінімальні вимоги до функціональності програми, загальні вимоги до архітектури системи,

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі аналіз проблемної галузі і постановка задачі, огляд існуючих методів, використовувані методи та алгоритми, опис розробленої програмної системи тестування.

5 Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Спецчастина	проф, к.т.н. Дудар З.В.		.12.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз проблемної області та постановка задачі	01.09.20-28.09.20	виконано
2	Огляд існуючих методів	10.09.20-30.10.20	виконано
3	Розробка математичних моделей	15.10.20-20.11.20	виконано
4	Програмна реалізація та тестування системи	10.10.20-01.12.20	виконано
5	Підготовка пояснювальної записки	15.11.20-07.12.20	виконано
6	Підготовка презентації та доповіді	02.12.20-07.12.20	виконано
7	Перевірка на плагіат	07.12.20	виконано
8	Попередній захист	12.12.20	виконано
9	Нормоконтроль, рецензування	10.12.20	виконано
10	Занесення диплома в електронний архів	12.12.20	виконано
11	Допуск до захисту у зав. кафедри	14.12.20	виконано

Дата видачі завдання 1 вересня 2020 р.

Студент _____
(підпис)

Широкопетлева М.С.

Керівник роботи _____
(підпис)

професор, к.т.н. Дудар З.В.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Атестаційна робота магістра містить: 78 с., 11 рис., 1 табл., 32 джер.

КОНЦЕПТУАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, АСОЦІАТИВНІ ЗВ'ЯЗКИ, НАВЧАЛЬНІ СИСТЕМИ, МОДЕЛЬ КОРИСТУВАЧА, ТРАЄКТОРІЯ НАВЧАННЯ, ТЕСТУВАННЯ, ІНДИВІДУАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ

Об'єктом дослідження є процес побудови траєкторії навчання в системах дистанційної освіти.

Метою роботи є висвітлення особливостей різних методів побудови моделі користувача яка є базовою для побудови траєкторії навчання.

Методи розробки базуються на об'єктно-орієнтованому підході до розробки програмного забезпечення, технології C# та середовищі розробки Microsoft Visual Studio.

Методом вирішення є створення веб серверу з використанням технології ASP.NET MVC, розробка клієнтського додатка за допомогою мови C#.

Результатом атестаційної роботи є прототип навчальної системи на прикладі курсу «Бази даних»

CONCEPTUAL MODELING, ASSOCIATIVE RELATIONSHIPS, LEARNING SYSTEMS, USER MODEL, LEARNING TRAIL, TESTING, INDIVIDUALS

The object of research is the process of building a learning trajectory in distance education systems.

The aim of the work is to highlight the features of different methods of building a user model which is the basis for building a learning trajectory.

Development methods are based on an object-oriented approach to software development, C # technology, and the Microsoft Visual Studio development environment.

The solution is to create a web server using ASP.NET MVC technology, developing a client application using the C # language.

The result of the certification work is a prototype of the training system on the example of the course "Databases".

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз предметної області	8
1.1 Аналіз програмних систем дистанційної освіти	8
1.2 Огляд методів структурування навчального матеріалу	17
1.3 Формування навичок і вмінь з використанням різних теорій навчання	21
1.4 Постановка задачі.....	24
2 Опис проведених досліджень	27
2.1 Дослідження методів представлення знань з використанням асоціативної семантичної мережі.....	27
2.2 Формування моделі користувача з урахуванням індивідуальних особливостей сприйняття інформації	34
3 Опис узагальненого методу формування послідовності вивчення матеріалу	41
3.1 Формалізація навчального контенту	41
3.2 Врахування рівня підготовленості користувача при формуванні траєкторії навчання.....	43
3.3 Опис підходу до проектування підсистеми тестування	45
4 Опис прототипу програмної системи.....	52
4.1 Проектування програмної системи	52
4.2 Опис інтерфейсу користувача	56
Висновки.....	59
Перелік джерел посилання	60
ДОДАТОК А Перелік посилань відповідно до наукових досліджень кафедри	64
ДОДАТОК Б Апробація результатів роботи	66
ДОДАТОК В Слайди презентації.....	68
ДОДАТОК Г Фрагмент коду програмної системи.....	77

ВСТУП

Людство переживає значні зміни, які пов'язані зі зміною та доповненням ряду наукових, політичних і соціальних положень. Сучасний світ використовує все більший обсяг знань завдяки новітнім технологіям, обсяг яких збільшується по експоненті. Кожного дня з'являються нові прилади, технології виробництва, програмні продукти, але разом із новими можливостями виникають і нові обмеження, вимоги яких необхідно враховувати. Це призводить до зростання швидкості старіння знань з кожним днем, що призводить до змін в системі освіти, які ініційовані самою системою, так і змінами в інших сферах. Широке розповсюдження та розвиток дистанційного навчання – цілком закономірний етап сучасного стану в країні і світі, що обумовлений зокрема пандемією та карантинними обмеженнями.

Для задоволення потреби в оновленні знань для підтримки рівня конкурентноспроможності людині необхідно регулярно навчатися, підвищувати кваліфікацію, опановувати новітні досягнення в різних сферах діяльності за умови мінімізації часу, що витрачається на підтримання належного рівня знань. Саме впровадження в процес навчання різного роду навчальних систем дозволяє підвищити якість навчання та інтенсифікувати навчальний процес

Значний внесок у розвиток інформаційних технологій для навчання й освіти зробили вітчизняні вчені В.М. Глушков, В.І. Гриценко, О.М. Довгялло, М.З. Згуровський, Г.С. Теслер, В.І. Скуріхін, Є.І. Машбіц, Г.А. Атанов, Н.Д. Панкратова, С.П. Кудрявцева та багато інших. Але широке впровадження технологій дистанційного навчання стримується через відсутність якісно нового навчально-методичного забезпечення, а також програмних засобів для його впровадження.

Методика викладання з використанням технологій дистанційного навчання відрізняється від традиційних технологій навчання. Вона спирається на «самостійне вивчення курсу студентом, причому значна частина роботи викладача перекладається на ЕОМ» [1]. Можна розглядати системи навчання як системи

«здобуття» знань в експерта-викладача, які надають ці знання студентам/учням. Можна констатувати, «що основною особливістю дистанційної освіти є надання студентам можливості самостійно отримувати необхідні знання, користуючись сучасними інформаційними технологіями. Можливість індивідуалізації навчання є однією з найголовніших переваг використання інформаційних технологій у навчальному процесі» [1].

Індивідуалізація навчання викликає необхідність адаптації навчального процесу до потреб та обмежень студента. Метою адаптивних систем є персоналізація системи, «її налаштування на особливості індивідуальних користувачів. Навчальні гіпермедіа-системи, в яких користувач або учень має конкретну мету навчання (включаючи і таку мету, як загальна освіта), є типовим додатком адаптивних гіпермедіа-систем. У цих системах основна увага приділяється знанням учнів, які можуть сильно відрізнятись. Стан знань змінюється під час роботи з системою. Таким чином, коректне моделювання зміни рівня знань, належне оновлення моделі і здатність робити правильні висновки на базі оновленої оцінки знань є найважливішою складовою навчальної системи» [2].

Таким чином, метою роботи є дослідження методів підвищення рівня індивідуалізації навчання в системах дистанційної освіти, зокрема, методів побудови індивідуальної траєкторії навчання та представлення навчальних матеріалів користувачеві.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз програмних систем дистанційної освіти

Дистанційне навчання – «сукупність технологій, що забезпечують доставку студентам основного обсягу навчального матеріалу, інтерактивна взаємодія студентів і викладачів у процесі навчання, надання студентам можливості самостійної роботи з навчальними матеріалами, а також у процесі навчання.

При дистанційному навчанні можуть використовуватися різноманітні методи надання навчальної інформації. Уже змінилося кілька поколінь використаних технологій - від традиційних друкованих видань до найсучасніших комп'ютерних технологій (радіо, телебачення, аудіо/відеотрансляції, аудіо/відеоконференції, E-Learning/online Learning, Інтернет- конференції, інтернет-трансляції).

Багато великих компаній створюють у себе в структурі центри дистанційного навчання, щоб стандартизувати, зробити дешевше і поліпшити якість підготовки свого персоналу. Практично, жодна сучасна компанія вже не може прожити без цього» [3].

Для створення таких центрів в компаніях, а також центрів дистанційного навчання у ЗВО та поширення впровадження дистанційної освіти в навчальних закладах різного рівня існують системи дистанційної освіти (СДО) та LMS. В багатьох випадках ці терміни розглядаються як синоніми. Розглянемо їх докладніше.

LMS - це платформа для електронного навчання, ключові принципи роботи якої криються в самій аббревіатурі.

Learning - навчання. За допомогою LMS можна створити єдину базу електронних курсів і навчальних матеріалів. Така база - справжнє джерело знань по окремій тематиці, або по досить широкій спеціальності. Завдяки LMS можна зберігати та нарощувати внутрішню експертизу навчального закладу або компанії.

Management - управління. Керувати в LMS можна як курсами так і учнями. LMS - це добре організована система з дистанційним керуванням процесом

навчання. При підготовленому контенті для старту навчання досить додати студентів / співробітників та призначити їм курси.

System - електронна система, яка дозволяє завдяки дистанціонуванню провадити процес навчання відділено та автоматизує всю монотонну роботу: перевірка тестів, збір статистики і підготовка звітів.

Таким чином, LMS допомагає створювати і зберігати електронні курси, забезпечує користувачам доступ до них і допомагає оцінити результати.

Навчання за допомогою LMS може проходити, але не обов'язково має проходити, тільки віддалено. Це означає, що в системі можна з однаковим успіхом призначати і електронні курси, і планувати оффлайн заняття. Тобто, мова йде вже про так зване «змішане навчання», яке зараз широко використовується.

Розглянемо найбільш розповсюджені LMS.

iSpring Market - платформа для створення і продажу онлайн-курсів, проведення тренінгів та вебінарів [4]. З її допомогою за один день можна запустити онлайн-школу і завантажити туди навчальний контент. Особливістю платформи є наявність маркетплейсу для продажу курсів. Клієнт заходить на платформу, обирає курс за анотацією та оплачує його, але якість матеріалів та супроводження навчання клієнту невідомо на момент здійснення оплати. До переваг цієї системи можна віднести:

- наявність єдиної вітрини для продажу курсів;
- конструктор для створення курсів, тестів, навчальних ігор і тренажерів;
- детальна аналітика за залученими клієнтам, джерелами трафіку, продажу і навчання;
- сервіс для вебінарів - швидка інтеграція з Zoom;
- сертифікати і елементи гейміфікації: автоматична видача сертифікатів, купони на знижку;
- цілодобова техпідтримка по телефону і поштою.

iSpring Learn - це широко розповсюджена у Росії інтернет-платформа дистанційного навчання, яка автоматизує навчання в компанії і дозволяє тримати під контролем компетенції персоналу. Програмний продукт iSpring Learn

призначений для управління навчанням в організаціях. Кросплатформена система має широкий функціонал, розгортається як в хмарі розробника, так і на серверах клієнта. LMS містить детальну статистику, таку як прогрес і індивідуальна продуктивність. Можна визначити прогалини в навичках і відразу ж вирішити проблему, поліпшивши курси або перепланувавши стратегію навчання [5]. Програмний продукт iSpring Learn дозволяє планувати всі наявні навчальні активності: очні тренінги, онлайн-курси і майстер-класи. Система iSpring Learn дозволяє:

- забезпечити адаптація нових співробітників;
- проводити атестацію співробітників;
- підвищити продуктивності навчання;
- інтегрувати вебінари, що дозволить спостерігати за уроками в режимі реального часу;
- забезпечити доступ до курсів в автономному режимі з мобільного пристрою;
- використовувати необмежений простір для зберігання навчальної інформації.

Dokeos - платформа побудови сайтів дистанційного навчання, заснована на гілці (fork) Claroline (версії 1.4.2). Цей інструмент підходить для навчальних центрів, фармацевтичних підприємств, виробництв та інших сфер. В системі можна створювати курси, відстежувати прогрес навчання, створювати звіти і керувати сертифікацією.

Цей інструмент дозволяє створювати тести, використовуючи 2D і 3D графіку. Унікальною функцією Dokeos є Oogie Rapid Learning, яка автоматично транслює презентації Microsoft Word і PowerPoint в слайди Dokeos [4]. Можливості Dokeos:

- безліч готових шаблонів і курсів дистанційного навчання;
- чат та обмін повідомленнями, для спілкування інструкторів з учнями в режимі реального часу;
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

Docebo (www.docebo.com/) – платформа дистанційного навчання, призначена для підвищення продуктивності і залученості в процес навчання користувачів. Система відрізняється простотою використання і здатністю поєднувати коучинг з соціальним і формальним навчанням.

Також різними компаніями використовуються такі платформи як SkyPrep, TalentLMS, Mindflash, eFront, Adobe Captivate Prime, CourseLab, ATutor, Collaborator та багато інших.

За даними сайту Освіта.ua [6] в період пандемії COVID-19 в Україні найбільше розповсюдження отримали 3 платформи завдяки наявності досить легкого налаштування та підготовки навчального контенту:

- Moodle (moodle.org);
- Google Classroom (classroom.google.com);
- Microsoft Teams (www.microsoft.com/uk-ua/microsoft-365/microsoft-teams).

Moodle – це «модульне об'єктно-орієнтоване динамічне навчальне середовище, яке називають також системою управління навчанням (LMS), системою управління курсами (CMS), віртуальним навчальним середовищем (VLE) або просто платформою для навчання, яка надає викладачам, учням та адміністраторам дуже розвинутий набір інструментів для комп'ютеризованого навчання, в тому числі дистанційного» [7]. Ця система надає безліч можливостей, серед яких: підготовка навчального контенту, який може містити не лише текстові файли, а й відео- та аудіо-уроки, посилання на зовнішні джерела, календар подій, виконання завдань, обмін повідомленнями, тести різних типів, оцінювання та інше. Також, у Moodle інтегровані технології для перевірки робіт на плагіат Unicheck.

Google Classroom не можна назвати повноцінною LMS, скоріше це безкоштовний веб-сервіс для обміну файлами, в якому можна завантажувати навчальний матеріал, ставити завдання (з контролем часу виконання), завантажувати роботи, редагувати та оцінювати їх, проводити тестування, оцінювати тестові або контрольні роботи. «Для початку роботи сервісу достатньо мати лише пошту Google. Сервіс може допомогти не випасти з процесу навчання як маленьким школам, так і великим закладам освіти.

Microsoft Teams – центр для командної роботи в Office 365. Це більш спрощений варіант систем управління навчанням, проте він дозволяє класу чи навчальній групі комунікувати та обмінюватися файлами. Програма об'єднує все в спільному робочому середовищі, яке містить чат для обговорень, файлообмінник та корпоративні програми» [6].

Окрему увагу слід приділити MOOC-платформам. Масові відкриті онлайн-курси – це інтернет-курс з інтерактивною участю великої кількості студентів з відкритим доступом через інтернет. «На додаток до традиційних матеріалів навчального курсу, такі як відео, читання, і домашніх завдань, MOOC надає можливість використання інтерактивного форуму користувачів, які допомагають створити спільноту студентів, викладачів та асистентів» [8]. Наряду з великими перевагами таких систем, як інтерактивність, нові зв'язки між студентами (звичайно пропонується перевірка студентами робіт інших студентів), досить швидка оцінка та зворотній зв'язок, матеріали найкращих світових викладачів, актуальні сучасні спеціальності та дисципліни, структурована подача матеріалу, а також наявність вільного графіку навчання, MOOC націлена на отримання знань виключно з ініціативи слухача, і свідчить про високий ступінь самоконтролю і мотивації.

До недоліків використання MOOC можна віднести повністю самостійне освоєння навчального матеріалу та відсутність тотального контролю за виконанням завдань. Виконання завдань і підсумкова атестація - цілком і повністю відповідальність студента, що призводить до можливості фальсифікації результатів навчання.

На даний час «світовий ринок пропонує п'ять основних провайдерів MOOC: Coursera, edX, Udacity, Khan Academy, Codecademy. Огляд пропонованих програм, змістової наповненості, доступності та варіативності MOOC-платформ підтверджує їх ефективність в особистісному та професійному розвитку дорослого» [8].

Coursera (www.coursera.org/) – це MOOC-платформа, в якій можна створювати навчальні програми з сотень готових курсів. За допомогою сервісу

можна скласти програму навчання світового класу, без розробки власного контенту. Також є більше 450 курсів із різних дисциплін, які розділені за категоріями (усього 25 категорій). Навчання переважно ведеться англійською мовою, але деякі матеріали супроводжуються субтитрами іспанською, французькою, рідше російською мовами. На відміну від багатьох інших платформ, матеріали Coursera містять достатньо велику кількість перевірочних завдань з обмеженим терміном виконання, які можуть представляти як окремі тести наприкінці модуля так і тести з поточного матеріалу, які можуть знаходитися і у відеоматеріалах.

Також слід відмітити, що Coursera містить частково платний контент, зокрема опцію опції Signature Track, завдяки якій сертифікати Coursera мають високе визнання.

До переваг можна віднести:

- доступність сервісу на iOS і Android;
- інтерактивні оцінки, завдання, що рецензуються;
- можливість отримати сертифікат після завершення курсу;
- централізоване управління дозволяє просто запрошувати учнів на навчальний портал компанії.

Open edX (www.edx.org/) – це освітня платформа з відкритим вихідним кодом, що дозволяє організувати онлайн-навчання для вирішення різних освітніх завдань: онлайн-кампус, тренінги, інструкторські курси, програми групового навчання і індивідуальні навчальні курси. Також ця платформа допомагає викладачам управляти курсами, відстежувати успіхи студентів, оцінювати їх досягнення і вимірювати ефективність буквально будь-якої діяльності [9]. Open edX включає в себе два основних компоненти - LMS та Studio для розробки змісту курсу. Studio - це інструмент, який дозволяє керуючи окремими одиницями контенту xBlocks складати курси в потрібній послідовності. «Кожен xBlock сумісний зі стандартом SCORM, так що матеріал в Open edX легко імпортується з Camtasia, Articulate Storyline, Adobe Captivate і інуших систем, що дає велику

гнучкість в складанні і організації контенту» [4]. На даний час містить більше 2500 курсів від 140 університетів світу (MIT, Harvard, Barkley та інші).

Особливості платформи Open edX:

- забезпечує високу стабільність роботи;
- враховує потреби середніх і великих аудиторій;
- відмінний користувальницький інтерфейс;
- просте і зручне створення курсів;
- відкритий вихідний код;
- можливість інтеграції сторонніх модулів і плагінів.

XuetangX (www.xuetangx.com) – перша і найбільша платформу MOOC у Китаї. На даний час вільно доступно 3270 курсів, а при заключенні договору між ЗВО та компанією можна отримати доступ до більш ніж 10000 курсів, частина з яких мають ліцензію від edX. «Пошукова система курсу та система рекомендацій до курсу мають досить високу результативність. Дані навчання користувачів представлені в різних площинах для того, щоб викладач міг відслідковувати роботу студентів і надавати рекомендації; самі користувачі могли обмінюватися досвідом навчання. Зміст XuetangX складає в основному відеоконтент Xuetangxsay – короткі відеоролики, орієнтовані на конкретні знання або теми, мета яких надихнути користувача до навчання та підвищити рівень їх активності. Університети-партнери Xuetang отримують звіти про проходження онлайн навчання студентами і можуть їх зараховувати як результат навчання в закладі вищої освіти» [8]. До переваг системи можна віднести:

- підтримка розділу «співтовариства», в якому студенти можуть обмінюватися враженнями і залишати відгуки про матеріали;
- розвинена система пошуку та рекомендацій курсів;
- інтеграція з університетами Китаю, в які передається інформація щодо успіхів студентів з окремих курсів.

FutureLearn (<https://www.futurelearn.com>) – освітня платформа, яку заснував та підтримує Відкритий університету в Мілтон-Кейнсі (Англія, 2012). «За даними Financial Times, FutureLearn стала першою платформою (2016), яка дозволила

студентам отримувати кредити на здобуття вищого ступеня освіти університету Великої Британії з планшетів і смартфонів» [8].

Матеріалами для навчання з FutureLearn служать статті і інші текстові матеріали, відео- і аудіозаписи. Всі матеріали супроводжуються невеликими тестами, перевіряючими розуміння студентом отриманої інформації. Учні також мають можливість задавати запитання по матеріалу в форматі онлайн і обговорювати їх з іншими студентами.

Після закінчення більшості курсів студент отримує сертифікат, який доводить факт його навчання, але деякі курси передбачають проходження спеціального підсумкового іспиту в регіональному центрі тестування.

Навчальний план кожного курсу також включає в себе кілька тестів, що визначають ступінь засвоєння матеріалу. По тестах виставляються оцінки, які відіграють важливу роль при виставленні фінальної оцінки за курс

Мета створення – надати університетам Великої Британії автентичну платформу для онлайн-освіти. Партнерами FutureLearn виступають 12 університетів: Відкритий університет, Бірмінгемський університет, Бристольський університет, Університет Кардіффа, Університет Східної Англії, Університет Ексетера, Королівський коледж у Лондоні, Університет Ланкастера, Університет Лідса, Університет Саутгемптона, Університет СентЕндрюса, Університет Уорвіка. За даними Financial Times, FutureLearn стала першою платформою (2016), яка дозволила студентам отримувати кредити на здобуття вищого ступеня освіти університету Великої Британії з планшетів і смартфонів.

Canvas Network (www.canvas.net) відрізняється великою різноманітністю курсів, з викладачами різного рівня підготовки та напрямку діяльності. Відмінність цієї платформи – відсутність єдиного підходу до викладання, а також необов'язковість видачі сертифіката навіть при успішному проходженні курсу, про що сповіщається в описі курсу. Курси можуть мати вікове обмеження. Canvas Network пропонує платні (які дозволяють заробити кредити в системі безперервної освіти), безкоштовні та умовно безкоштовні курси, які передбачають придбання додаткових навчальних матеріалів (посібників, літератури).

Програмне забезпечення Canvas включає наступні основні можливості:

- імпорт раніше розроблених навчальних курсів;
- створення багатого і привабливого вмісту курсів;
- організація онлайн-дискусій і обговорень та організація і участь в синхронних онлайн-комунікаціях;
- відстеження викладачем прогресу учнів;
- доступ батьків/керівників до даних про прогрес навчання.

Udemy (www.udemy.com) – платформа, в якій освітні проекти розподілені на 16 категорій (комп'ютерні, гуманітарні дисципліни, хобі та рукоділля, мистецтво та фотозйомка). Udemy має російськомовну версію. Курси Udemy ведуть інструктори з практичним досвідом у бізнесі, менеджменті, фінансах, технологіях. Але усі матеріали платні з різною вартістю (до 500 доларів за 1 курс). Залучення користувачів відбувається завдяки широкій рекламній компанії з великою кількістю знижок.

В Україні на базі Київського національного університету ім.Т.Шевченка у 2013 році відкрився «Університет онлайн», який є представником МООС.

Проект інтерактивної онлайн-освіти EdEra (www.ed-era.com) позиціонує себе студія онлайн-освіти, яка створює освітній контент широкого спектра з використанням ІТ. Окрему увагу приділено впровадженню концепції нової української школи та поширенню доступності якісної освіти для всіх верств населення.

Платформа українських масових онлайн-курсів Prometheus (prometheus.org.ua/) разом із провідними закладами вищої освіти впроваджує технологію змішаного навчання невпинно розвивається починаючи з 2014р. Prometheus працює на базі платформи з відкритим кодом OpenEdx. На сьогодні підтримується близько 120 відкритих он-лайн курсів українських та закордонних університетів. Пропонується декілька циклів курсів, зокрема, курси підвищення кваліфікації вчителів, які враховуються при атестації.

Проаналізувавши сучасні платформи підтримки дистанційної освіти можна зробити висновок про їх розповсюдження завдяки діяльності компаній, які

зацікавлені в безперервній освіті своїх співробітників та впровадженню на державному рівні концепції інформальної освіти, а також отримання вільного доступу до якісних матеріалів пересічними громадянами. На жаль, в розглянутих платформах не йдеться мова про особливості представлення навчального матеріалу та порядку опанування матеріалом. Як і в системі очної (формальної) освіти, цим факторам не приділяють уваги і відносять до сфери відповідальності викладача, який пропонує матеріали. Але, зважаючи на різний рівень підготовки студентів (користувачів LMS), психологічні особливості та наявні обмеження, ефективність навчання може бути підвищена завдяки врахуванню індивідуалізації навчання.

1.2 Огляд методів структурування навчального матеріалу

На даний час однією з проблем підвищення якості навчального матеріалу можна вважати проблему структурування змісту навчальних дисциплін засобами, яка може бути вирішена шляхом моделювання логічної структури навчального матеріалу.

Керованість навчальним процесом, на думку В.Ф. Антонова, Н.М. Лівінцева, Л.Б. Борисова, дає можливість впливати на перебіг і результати процесу, як в цілому, так і «на певні його критерії, які залежать від форми цього керування.

Керованість процесом навчання полягає у поетапній оптимізації навчального процесу, коли на кожному етапі оптимізується один елемент, який одночасно впливає з цілей навчального процесу загалом. Важливе значення в керованості процесом навчання як постійної взаємодії викладання і учіння, що спирається на навчальний матеріал, має відбір його основних змістових елементів. Г.Н. Александров, Л.А. Полежаєва, Н.Г. Заволока, Н.Ф. Золотухіна розглядають проблему керованості навчальним процесом через виділення логічної структури навчального матеріалу. На їхню думку, питання логічної структури навчального матеріалу розглядаються у межах принципу систематичності і послідовності

навчання. У цьому плані актуальною залишається проблема структурування змісту навчального матеріалу на основі його логічної структури» [10].

Але деякі дослідники, зокрема, С.У. Гончаренко, виділяє залежність рівнів структурності навчального матеріалу від змісту зв'язків. А в роботах В.Б. Краєвського та І.Я. Лернера [11] підкреслюється, що під час структурування змісту навчального матеріалу необхідно враховувати такі критерії:

- етапність;
- обмеження;
- зв'язок нового з уже відомим;
- виділення акцентів у навчальному матеріалі;
- дидактична цінність.

Важливу роль виділенню зв'язків при структуруванні матеріалу віддає також Т. Ільїна. «Чим вища структурність змісту навчального матеріалу, тобто чим більше у них логічних, семантичних і синтаксичних зв'язків, тим легше вивчається матеріал. Питання структурування змісту окремих навчальних дисциплін було предметом дослідження таких учених, як В.І. Кузнецов, А.Н. Бекренєв, В.Н. Михалькевич, А.Д. Гладун, Г.А. Шефер та ін. Проте у трактуванні цього питання з урахуванням інновацій в організаційних та методичних підходах у ВНЗ немає єдності і це питання є актуальним і сьогодні» [10].

Окрім необхідності структурування навчального матеріалу, слід приділити увагу також і взаємодії суб'єкта навчання із навчальними системами. В більшості робіт, зокрема в [12, 13, 14], пропонується розглядати модель користувача як сукупність знань предметної області, які виявлені в результаті тестування. Але на відміну від традиційних способів організації взаємодії між користувачем та системою, автори пропонують враховувати модель користувача для адаптації навчального матеріалу: «адаптація в адаптивної гіпермедіа може складатися в налаштування змісту чергової сторінки (адаптація на рівні змісту) або в зміні посилань переходів з чергової сторінки, індексних сторінок і сторінок карт (адаптація на рівні посилань). Слід розрізняти адаптацію на рівні змісту і на рівні посилань як два різних класи гіпермедіа-адаптації, перший з яких називається

адаптивним поданням (adaptive presentation), а другий - адаптивної підтримкою навігації (adaptive navigation support)» [13].

Якщо розглядати загальну структуру системи навчання (СН), то можна виділити базові компоненти системи: модель предметної області (з урахуванням структурування навчального матеріалу), модель користувача (динамічна модель, яка може враховувати не лише рівень знань, а й особливості та обмеження користувача з точки зору сприйняття інформації), та динамічна модель процесу навчання на підставі яких може бути побудовано стратегія навчання, яка є основою індивідуального підходу. Взаємодія цих моделей показана на рис.1.

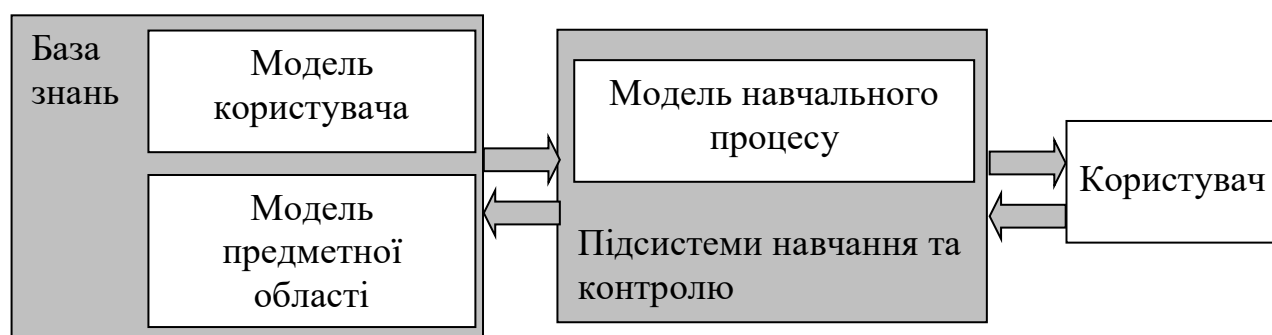


Рисунок 1 – Узагальнена структура системи навчання

В схемі не відображені модулі взаємодії з експертами по предметній області і по процесу навчання і вважається, що навчальна і контролює підсистеми містять у собі інтерфейс користувача-учня як структурний елемент.

Підсистеми контролю знань тісно взаємодіють з моделями учнів для визначення причини спостережуваних помилок - відсутність необхідних знань або наявність невірних знань і уявлень.

В даний час існує декілька підходів до визначення поняття "модель учня". В експертно-навчальних системах (ЕНС) «під моделлю користувача розуміють набір характеристик (параметрів) і сукупність правил, які на підставі значень цих характеристик керують процесом спілкування системи з користувачем» [15]. В інших класах СН під «моделлю користувача розуміють набір вимірюваних параметрів, під час роботи системи з учнем і визначає ступінь засвоєння ним знань з досліджуваного предмета.

Насправді, розуміння моделі учня як набору параметрів - це занадто вузьке розуміння. Без урахування методів, які працюють з даним набором характеристик, цей набір втрачає сенс. Отже, модель учня можна визначити як сукупність набору характеристик учня і методів (правил) обробки цього набору» [16]. В літературі, зокрема в [15, 17], виділяють 2 основні типи моделей учня - оверлейну і модель помилок.

У оверлейних моделях знання учня розглядаються як підмножина знань експерта, при чому, в деяких з них елементів знань експерта зіставляється міра його засвоєння учнем для визначення ступеня засвоєння матеріалу. Застосування оверлейних моделей дозволяє відобразити які саме знання експерта і наскільки засвоєні учнем.

Модель помилок включає в себе типові помилки учня, які визначаються при аналізі протоколів тестових завдань. При коректному складанні контрольних завдань можна визначити причину виникнення помилки.

Коротко представлені моделі учнів не враховують індивідуальних особливостей сприйняття інформації. Модель помилок лише в деяких випадках дозволяє встановити причину незадовільного засвоєння матеріалу (не враховуються ступінь розуміння тестових завдань, моменти котрі відволікають при навчанні, тощо).

Для побудови більш повної моделі учня пропонується розглянути особливості психологічного сприйняття і засвоєння нових знань.

Розглядаючи основні компоненти СН, можна стверджувати що для успішного розвитку індивідуального навчання виникає ряд завдань - моделювання предметної області, побудова моделі учня і вибір стратегії навчання на основі досліджуваних моделей. Для підвищення ефективності бази знань СН можуть містити поряд з формалізованими знаннями експертні знання в предметних областях і в сфері навчання.

1.3 Формування навичок і вмінь з використанням різних теорій навчання

В [18] навчання визначають як управління пізнавальною діяльністю учнів з метою формування у них певних знань, умінь і навичок, розвитку особистісних якостей.

При розробці сценаріїв навчальної роботи доцільно враховувати психологічні закономірності засвоєння знань, встановлені в педагогічній психології і дозволяють підвищити ефективність процесу навчання. Розглянемо деякі найбільш відомі і "технологічні" теорії засвоєння.

В біхевіористській теорії навчання вивчається поведінка, яка трактується як сума реакцій на будь-які ситуації. Один з основоположників біхевіоризму Е. Л. Торндайк (1874-1948) вважав, що навчання людини повинно будуватися на базі чисто механічних, а не свідомих принципів. Тому він намагався описати навчання людини за допомогою простих правил, справедливих одночасно і для тварин. Серед цих правил виділимо два закони, які послужили платформою для подальшого розвитку теорії навчання.

Перший з них, названий законом тренування, говорить про те, що, чим частіше повторюється певна реакція на ситуацію, тим міцніше зв'язок між ними, а припинення тренування призводить до ослаблення зв'язку.

Другий закон був названий законом ефекту: якщо зв'язок між ситуацією і реакцією супроводжується станом задоволеності (задоволення) індивіда, то міцність зв'язку з цим зростає і навпаки: міцність зв'язку зменшується, якщо результат дії призводить до стану незадоволеності. Спираючись на ці закони, послідовник Торндайка Б. Ф. Скіннер розробив на початку 50-х років досить технологічну методику навчання. В основу своєї методики Скіннер поклав універсальну формулу: $S, P \rightarrow R$, де S - ситуація; R - реакція; P - підкріплення.

Навчальний матеріал Скіннер пропонував розбивати на дрібні дози, кожна з яких повинна містити одну ситуацію. Ситуації повинні бути настільки простими (що майже автоматично забезпечувалося децицею доз навчального матеріалу),

щоб реакції на них практично завжди були правильними. Але, незважаючи на успіхи лінійного програмування, були виявлені недоліки цього підходу:

- відсутність системності, цілісності в сприйнятті навчального матеріалу (велика кількість дрібних доз не сприяє узагальненню);
- правильність виконання простих завдань є позитивним підкріпленням лише на перших порах читання посібника, в подальшому правильне виконання простих ситуацій вже не приносить почуття задоволеності;
- відсутність адаптації (всі учні виконують одну і ту ж програму, йдуть по одній лінії).

Значна частина цих недоліків була усунена в запропонованій Н.А. Краудером [19] схемі розгалуженого програмування. Краудер запропонував збільшити дозу інформації (I1, I2) з 2-3 рядків у Скіннера до приблизно половини сторінки. Типова ситуація (завдання) складалася з питання (В) і трьох варіантів відповідей:

- 01- правильна відповідь,
- 02- неточна відповідь,
- 03 - неправильна відповідь.

При неточній відповіді учень повинен отримати корегуючу інформацію, при неправильній – йому давалося роз'яснення, допомога. При правильній відповіді учень отримував позитивне підкріплення і переходив до наступної дози інформації. Таким чином, схема розгалуженого програмування мала три шляхи: для сильних, середніх і слабких учнів.

Незважаючи на критику в даний час універсальна схема цієї теорії (ситуація -> реакція -> підкріплення) в її лінійної або розгалуженої формі є стрижневим фрагментом багатьох комп'ютерних навчальних програм.

Асоціативно-рефлекторна теорія засвоєння трактує навчання як встановлення зв'язків між різними елементами знання.

Необхідними умовами для застосування асоціативно-рефлекторної теорії засвоєння є наявність у учнів певного фундаменту знань і володіння логічними операціями, що дозволяють пов'язувати між собою раніше вивчені і нові елементи

знання. Методику асоціативно-рефлекторного навчання можна представити у вигляді схеми з шести наступних етапів.

- актуалізація раніше засвоєних елементів знання;
- встановлення зв'язків між раніше засвоєними і новими елементами знання;
- фіксація і осмислення нових елементів знання;
- закріплення нових знань;
- узагальнення раніше засвоєних та нових елементів знання в єдину систему;
- закріплення узагальненого знання.

При конкретній реалізації цієї схеми в глобальному сценарії навчальної роботи з навчальною програмою локальні сценарії кожного етапу можуть бути побудовані на основі універсальної біхевіористської формули.

Відповідно до теорії поетапного формування розумових дій [20] процес навчання доцільно планувати у вигляді схеми, що складається з наступних етапів:

- створення мотивації для вивчення навчального матеріалу;
- формування орієнтовної основи діяльності, наприклад, вивчення загальної структури навчального матеріалу;
- організація навчальної діяльності безпосередньо з досліджуваними матеріальними об'єктами або з їх заміниками: макетами, кресленнями, схемами, тощо;
- абстрагування від матеріальних об'єктів (зовнішньоречова діяльність);
- абстрактна діяльність (внутрішнє мовлення);
- навчальна діяльність, що протікає в абстрагованій згорнутій, розумовій формі.

Основна сфера застосування концепції алгоритмізації – вивчення алгоритмів розв'язання задач [21]. Технологічна схема навчальної роботи за цією теорією складається з п'яти етапів.

- усвідомлення області застосування засвоєваних способів;
- ознайомлення з алгоритмом рішення задачі в цілому;

- навчальна діяльність за алгоритмом з зовнішньої опорою;
- навчальна діяльність за алгоритмом з епізодичною зовнішньою опорою;
- навчальна діяльність за алгоритмом без зовнішньої опори.

Таким чином були розглянуті особливості основних теорій навчання, які застосовуються при побудові навчальних систем.

1.4 Постановка задачі

Було проведено дослідження існуючих систем дистанційного навчання та методів представлення навчального матеріалу, яке виявило проблему відсутності індивідуалізації навчання та врахування психофізіологічних особливостей користувачів.

Таким чином, метою атестаційної роботи є дослідження методів побудови індивідуальної траєкторії навчання та моделей подання навчального матеріалу в системах дистанційної освіти.

Виділимо ряд проблем, вирішення яких дозволить підвищити якість навчання з використанням СН:

- а) підвищення рівня сприйняття навчального матеріалу за рахунок подання матеріалу у формі, максимально «зручною» для сприйняття конкретною людиною:
 - 1) розробка моделі понятійних знань для довільної проблемної області на основі класифікацій;
 - 2) зміна розробленої класифікації з урахуванням індивідуальних особливостей учня (введення асоціативних зв'язків);
 - 3) визначення виду представлення інформації окремому користувачеві на основі його психотипу;
- б) зміна методології навчання (індивідуалізація навчання) вимагає зміни структури СН.

При розробці моделі навчального контенту слід використовувати моделі концептуальних асоціативних знань визначення системи.

Опишемо дані задачі в термінах теорії множин.

Нехай θ обмежена множина понять даної проблемної області (ПрО), відповідних систем об'єктів довільної ПрО; ϑ_i - обмежена множина понять, що належать i -му рівню класифікації; v_i^j – j -го поняття, що знаходиться на i -му рівні класифікації; ω_i^j – зміст j -го поняття, що знаходиться на i -му рівні класифікації;

Необхідно визначити:

$\varphi(v_i^j, \omega_i^j)$ – процедуру – спосіб об'єднання множини алфавітних елементів в модель проблемної області;

$G(\varphi, H)$ – функцію перетворення класифікації концептуальних знань з урахуванням асоціативних зв'язків (H);

$\psi(k_j(f_i, f_t, f_s, f_a))$ – значення функції визначення особливостей особистості;

$F(G, \psi)$ – процедуру - спосіб подання інформації користувачу.

Необхідно розробити прототип застосунку, який дозволяє формувати навчальний контент з можливістю його використання при побудові індивідуальної траєкторії навчання з урахуванням моделі користувача.

Додаток має реалізовувати наступні функції:

а) можливість ведення навчальних блоків (курсів):

- 1) формування тем та підтем;
- 2) формування відповідних тестів;
- 3) визначення взаємозв'язку між темами та критеріїв засвоєння матеріалу;

б) підтримка моделі користувачі з урахуванням психофізіологічних особливостей користувача:

- 1) визначення базової моделі на підставі психологічних тестів (опціонально);
- 2) визначення рівня засвоєння матеріалу;

- 3) корегування моделі користувача (опціонально);
- в) формування послідовності вивчення матеріалу з урахуванням моделі користувача:
 - 1) визначення базової послідовності;
 - 2) визначення допустимих для вивчення тем для конкретного користувача;
 - 3) визначення допустимих тестових завдань;
- г) підтримка адаптивного інтерфейсу для представлення навчального матеріалу з урахуванням особливостей користувача.

Для реалізації програмного продукту слід застосувати мікросервісну архітектуру. Для реалізації серверної частини використовувати середовище розробки MS Visual Studio 2017. Для розробки логіки роботи треба використати мову програмування C# та технологію Web API. «Web API – платформа для створення HTTP служб, таких як REST та SOAP, яку можна використовувати разом з ASP.NET MVC» [22].

2 ОПИС ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Дослідження методів представлення знань з використанням асоціативної семантичної мережі

Навчальний матеріал можна розглядати як сукупність основних понять та взаємозв'язків між ними. А матеріал може бути структурований у вигляді семантичної мережі. Тому докладно розглянемо підхід до моделювання асоціативної семантичної мережі. Для цього визначимо систему понять з використанням апарату теорії нечітких множин.

Чітку множину A розглядатимемо як граничний випадок нечіткої множини A , при якому характеристична функція $\mu_A(x)$ приймає дискретні значення:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x \in A \\ 0, & \text{якщо } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

де, A – чітка множина.

Для опису таксономічних структур достатнім є використання теорія множин, завдяки чіткому визначенню позиції поняття в класифікації.

При введенні асоціативних зв'язків в класифікації вважаємо, що природна класифікація понять задається відношенням строгого порядку, а багатоаспектна – відношеннями частково-суворого порядку. Відношення частково строгого порядку – транзитивні та асиметричні.

Введемо основні поняття:

S – не порожня пов'язана множина понять даної ПрО;

Визначимо основні елементи, які складають класифікацію понять довільної ПрО.

θ – не порожня пов'язана обмежена множина понять даної ПрО, які відповідають системам об'єктів довільної ПрО;

\mathcal{G}^i – обмежена множина понять, які належать i -му уровню класифікації, які характеризуються об’ємом, змістом та істотною властивістю;

v_j^i – об’єм j -го поняття, що знаходиться на i -му рівні класифікації;

ω_j^i – зміст поняття;

σ_j^i – істотна властивість j -го поняття, що знаходиться на i -му рівні класифікації;

Σ^i – обмежена множина властивостей понять, відповідних \mathcal{G}^i ;

R_e – множина відношень суворого порядку у випадку одноаспектної класифікації;

R_m – множина відношень частково-суворого порядку у випадку багатоаспектної класифікації;

R_a – множина асоціативних відношень;

R_{os} – множина відношень “поняття – властивість”;

R_s – множина відношень між властивостями об’єктів.

На рис.2 наведено одноаспектну таксономічну структуру в термінах теорії множин.

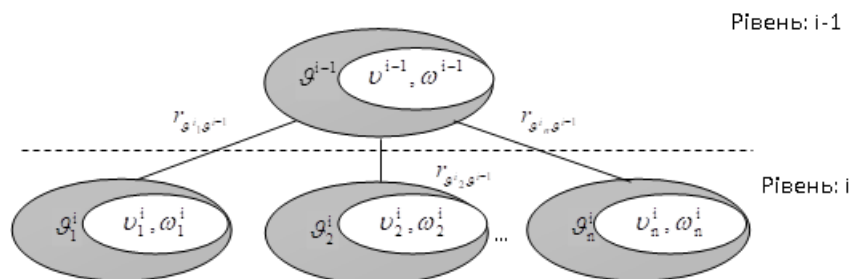


Рисунок 2 – Таксономічна класифікація в термінах теорії множин

В загальному випадку, зв’язок між видовим та родовим поняттями для одноаспектної класифікації можна подати наступним чином:

$$\exists \mathcal{G}^i, \mathcal{G}^{i-1} \in \theta: (v^i < v^{i-1}, \omega^i \subset \omega^{i-1}) \Rightarrow \exists r_{\mathcal{G}^i, \mathcal{G}^{i-1}} \in R_e \quad (2)$$

Положення поняття в класифікації однозначно визначають істотні властивості цих понять і, як показано в [23], класифікація властивостей ізоморфна

класифікації понять, а врахування істотних властивостей об'єктів показано на рис.3.

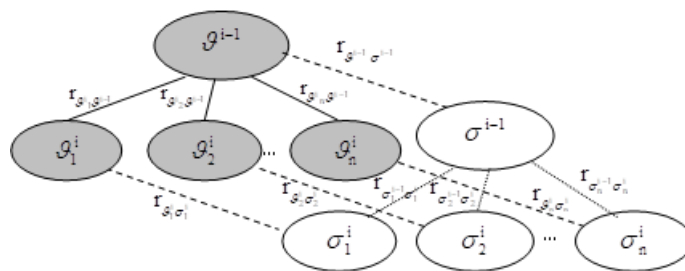


Рисунок 3 – Таксономічна класифікація з врахуванням істотних властивостей об'єкта

Наявність зв'язку «об'єкт-властивість» $r_{g_n^i \sigma_n^i}$ можна описати виконанням умови 3:

$$\exists g_n^i (v_n^i, \omega_n^i, \sigma_n^i), g_n^i \in \theta: \Rightarrow \exists r_{g_n^i \sigma_n^i} \in R_{os} \quad (3)$$

Наявність зв'язку між родовими та видовими властивостями понять можна описати виконанням умови 4:

$$\exists g_n^i(\sigma_n^i), g_n^{i-1}(\sigma_n^{i-1}) \in \theta, r_{g_n^i g_n^{i-1}} \in R_e: \Rightarrow \exists r_{\sigma_n^i \sigma_n^{i-1}} \in R_s \quad (4)$$

В загальному випадку, зв'язок між видовим та родовим поняттями для багатоаспектної класифікації можна представити наступним чином:

$$\exists g^i, g^{i-1} \in \theta: (v^i \leq v^{i-1}) \Rightarrow \exists r_{g^i g^{i-1}} \in R_m \quad (5)$$

Зміст понять для багатоаспектної класифікації не враховується, тому що конкретне поняття – елемент, зміст якого є суперпозицією змістів родових понять з різних площин.

Виділимо критерії виявлення понять:

- повноти;
- відсутність перетинань:
- семантичної несуперечливості;
- цілісності.

Змістовна інтерпретація критерія повноти (6) полягає в тому, що обсяг всіх понять, виділених в даній ПрО повинен складати обсяг ПрО, зокрема, для конкретної площини класифікації, обсяги всіх видових понять повинні складати обсяг родового поняття:

$$\begin{aligned} \forall \mathcal{G}^i : (\cup |v^i| = |v^{i-1}_p| & \quad (6) \\ \cup \mathcal{G}^i \cup |v^1| = |v^0| & \end{aligned}$$

де \mathcal{G}^{i-1}_p – родове поняття $\forall \mathcal{G}^i$;

v^0 – об'єм ПрО.

Відсутність перетинань (7): обсяги виділених видових понять (одного рівня) не повинні перетинатися:

$$\forall \mathcal{G}^i : v^i_j \cap v^i_k = \emptyset \quad (j \neq k) \quad (7)$$

Семантична несуперечливість: для кожного рівня класифікації семантичний зміст видового поняття не має суперечити жодному з змістів інших понять даної площини класифікації:

$$\forall \mathcal{G}^i : \omega^i_j \neq \neg \omega^i_k \quad (8)$$

Цілісність - виділення гештальтів і систем, що утворюють гештальти вищого рівня, де під гештальтом розуміється абстрактне поняття, властивості (або

функціональна властивість), яке не може бути отримано прямим перетворенням властивостей його частин:

$$\cup \omega_j^i (\forall \vartheta^i) = \omega^{i-1}_p \quad (9)$$

На підставі даних критеріїв можна розробити понятійну модель проблемної області, на якій базуються моделі для індивідуального навчання.

Визначимо послідовність виділення понять з урахуванням перерахованих вище критеріїв.

При дедуктивному методі необхідно:

- визначити вершину класифікації, що є родовим поняттям для інших з виконанням всіх обмежень, зазначених вище - ϑ^j (для вершини класифікації: $j = 0$);
- визначити площину поділу (зазвичай, функціональне призначення об'єкта або системи);
- виділити поняття, що є видовими стосовно поточного, з урахуванням дотримання критеріїв повноти, несуперечності - ϑ^i , $i = j-1$;
- визначити властивості видових понять;
- провести перевірку на дотримання виділеними видовими поняттями та їх властивостями критеріїв повноти і несуперечності;
- розглядати видове поняття як родове для наступного рівня класифікації і перейти до кроку 1.

При індуктивному методі відбувається об'єднання видових понять з урахуванням певного призначення (площині класифіцирования). Увагу слід приділити коректному розташуванню понять в класифікаціях (неможливість переміщення поняття на більш високий рівень).

Дотримуючись теорії інтелекту Барта [24, 25], асоціативний рівень репрезентації інформації є основою для розвитку і функціонування

концептуального рівня, який можна розглядати як відображення об'єктивної реальності, що використовує формально-логічну складову інтелекту.

У свою чергу, асоціативний рівень є узагальненням індивідуальних особливостей особистості, що становить суб'єктивну модель репрезентації інформації людини. Завдання об'єднання об'єктивної моделі знань, представлені таксономічною класифікацією, і суб'єктивної асоціативної моделі буде розглянута нижче.

Під концептуальної асоціативної моделлю будемо розуміти семантичну мережу, в вузлах якої знаходяться поняття довільної обмеженої ПрО, в ролі дуг розглядаються основні типи відносин (рід-вид, частина-ціле, причина-наслідок) і асоціативні зв'язки (зовнішні і внутрішні) між поняттями і їх властивостями.

Для визначення концептуальної асоціативної моделі потрібно задати об'єктивну модель знань з використанням таксономічної, розділової або генетичної класифікацій, а також класифікацію суттєвих властивостей, відповідну класифікації понять, на яких в подальшому вводяться асоціативні зв'язки.

При використанні в якості основної моделі одноаспектної класифікації (як окремого випадку багатоаспектної), заданої в термінах теорії множин, наявність асоціативних зв'язків визначається наступним твердженням:

$$\exists \mathcal{G}_j^{i+1}, \mathcal{G}_k^{i+m} \quad (j \neq k, 1, m > 0), \mathcal{G}^i \in \theta \Rightarrow \exists r_{\mathcal{G}_j^{i+1} \mathcal{G}_k^{i+m}} \in R_a \quad (10)$$

Розглядаємо багатоаспектні класифікації (в природній введення асоціативних внутрішніх зв'язків буде надлишковим, хоча з формальної точки зору внутрішні асоціації для моделі будуть приводиться до основних типів відносин аналогічно). Існування загального роду для замкнутої ПрО призводить до прояву асоціативних зв'язків. Значимість зв'язку залежить від суб'єктивних особливостей і минулого досвіду особистості, яка будує модель, і віддаленості понять \mathcal{G}_j^{i+1} і \mathcal{G}_k^{i+m} від \mathcal{G}^i . На

рис. 4 продемонстровано фрагмент класифікаційної структури з урахуванням асоціативних зв'язків.

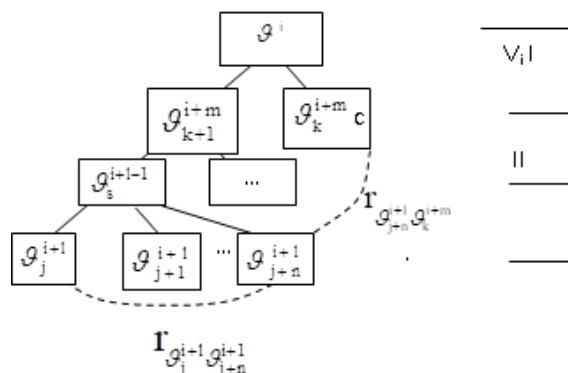


Рисунок 4 – Фрагмент класифікаційної структури з урахуванням асоціативних зв'язків

Ймовірність існування асоціативної зв'язку підвищується з наближенням до спільного роду, тобто чим менше $|l - m|$, тим більшої ваги набуває зв'язок, тому що два поняття мають більший загальний обсяг, причому, в загальному випадку, обсяг родового поняття містить обсяг видового

Введемо характеристичну функцію для відношень R_a для обліку значимості такого виду асоціативних відношень:

$$\mu_{R_a(\vartheta_j^{i+l}, \vartheta_k^{i+m})} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } (l \neq 1 \vee m \neq 1) \vee (l = 0 \vee m = 0); \\ \frac{1}{1 + (l - m)^2}, & \text{якщо } l \neq 0 \wedge m \neq 0 \\ 0.7, & \text{якщо } (|l + m| > 0 \wedge l(\neq 1 \wedge m \neq 1)). \end{cases} \quad (11)$$

Але існує окремий випадок: $|l - m| = 0 \mid |l - m| = 0$, і $m_{ab} = 1$, наприклад, $\Gamma_{\vartheta_{j+n}^{i+1}, \vartheta_{j+n}^{i+1}}$ зв'язок, є відношенням "види одного родового поняття" - найбільш "сильний" зв'язок (з точки зору асоціативних теорій), тобто $r_{\vartheta_{j+n}^{i+1}, \vartheta_{j+n}^{i+1}} \in R_e$. Введення асоціацій між видовими поняттями лише ускладнить сприйняття класифікації, в якій ϑ_s^{i+1-1} розглядається як родове поняття, а $\vartheta_j^{i+1}, \vartheta_{j+n}^{i+1}$ - видові, тому що

асоціативне відношення буде лише дублювати об'єктивно існуюче родо-видове відношення.

В умови (11) виділено окремий випадок встановлення асоціативного зв'язку між видами одного родового поняття, тому, можна сказати що:

$$\forall r_{g_j^{i+1}, g_k^{i+m}} \in R_a (\mu_{R_a(g_j^{i+1}, g_k^{i+m})} = 1) \Rightarrow \exists r_{g_j^{i+1}, g^i}, r_{g_k^{i+m}, g^i} \in R_e \quad (12)$$

Окрему увагу слід приділити введенню різних типів асоціативних зв'язків: за подібністю (суміжності) та контрасту властивостей.

2.2 Формування моделі користувача з урахуванням індивідуальних особливостей сприйняття інформації

Причинами індивідуальних відмінностей в інтелектуальній продуктивності можуть виступати середовище (культура) або нейрофізіологічні особливості, які визначаються спадковістю. Для виявлення цих відмінностей використовують такі методи: зовнішня експертна оцінка поведінки і об'єктивні методи - систематичне спостереження і вимірювання (тести). Психологи виводять індивідуальні відмінності з особливостей індивідуальної структури, що забезпечує процес переробки інформації [24]. Для врахування індивідуальних особливостей пропонується проаналізувати моделі інтелекту та встановити наявність залежності між факторами особистості та ймовірності формування асоціативного зв'язку (АЗ).

Встановимо залежність між факторами моделі Гарднера [24] і значущою ймовірністю наявності асоціативного зв'язку. Розвиток різних складових інтелекту сприяє формуванню різних типів АЗ.

Так, переважання просторової складової тягне підвищення ймовірності формування зовнішньої АС, в якій значну роль відіграватиме ситуація, поняття або

несуттєве властивість (наприклад, колір конкретного об'єкта), зовнішнє по відношенню до обмеженою ПрО, яке буде служити зв'язуючою ланкою між двома поняттями. А при домінуванні музичної складової, аналогічні зовнішні зв'язки будуть актуалізуватися за допомогою звуків, тобто в триплеті «поняття1, подія1⇒ поняття2», подія - зовнішня чи внутрішня звукова інформація. При переважанні тілесно-кінестетичної складової, подією є ситуація, в якій людина мала тактильний контакт з об'єктом, що позначається поняттям1 або поняття, воліє актуалізацію тактильного контакту.

Розвиток лінгвістичної складової, яка включає в себе функцію встановлення семантичних зв'язків, збільшує ймовірність існування зв'язків за подібністю або контрасту властивостей, при чому, головну роль гратимуть знання змісту поняття, а не його обсяг.

Для переважання логіко-математичної складової характерно підвищення ймовірності встановлення внутрішніх АЗ, в яких перевага віддається аналізу обсягів понять.

Межособистності та внутрішньоособистності складові впливають на ступінь активності особистості, що в свою чергу, характеризує динаміку розвитку інших складових. До того ж вони є незначущими для індивідуального навчання, де немає контакту з іншими людьми. Тому ці складові виключимо з розгляду. Для побудови моделі інтелекту рівні складності когнітивного процесу не розглядаємо.

В якості основної моделі інтелекту будемо використовувати комбінацію ієрархічної моделі Спірмена [24] з виділенням в ній значущих для автоматизованого навчання факторів, зазначених Гарднером.

Функцію визначення особливостей особистості опишемо виразом 13:

$$\Psi(k_i * (f_i)) = \sum_{i=1}^3 f_i k_i, \quad (i = 1 \dots 3, f_1 = f_i, f_2 = f_t, f_3 = f_s) \quad (13)$$

У запропонованій моделі не врахований показник віку, тому що він значно впливає на процес сприйняття інформації в діапазонах до 14 років і після 45, що відбивається на рівні розвитку інтелекту.

Для визначення коефіцієнтів k_i ($i = 1 \dots 3$) функції $\Psi(k_j(f_i, f_t, f_s))$, потрібно визначити значення факторів, що впливають на процес сприйняття інформації. До таких факторів належать: переважаючий тип інтелекту, тип характеру (за ступенем активності), вік і стать.

Значення коефіцієнтів при ініціалізації моделі і в процесі навчання можуть змінюватися, наприклад, навчання може спричинити розвиток однієї зі складових інтелекту. Задамо значення коефіцієнтів без урахування динаміки розвитку особистості.

$k_1 = 1$ - коефіцієнт взаємозв'язку інтелектуальних здібностей і видів подання інформації. Досить велику вагу приписаний даного фактору в зв'язку з наявністю безпосереднього зв'язку між процесами сприйняття і представлення інформації в пам'яті людини, що призводить до домінування даного показника. У цьому ж показнику відбивається і минулий досвід людини (освіта, середовище розвитку і т.п. сприяють розвитку різних складових інтелекту), а також і вікові показники.

$k_2 = 0.7$ - коефіцієнт взаємозв'язку ступеня активності особистості та видів представлення інформації. Активність особистості непрямим шляхом впливає на розвиток складових інтелекту і на швидкість сприйняття інформації.

$k_3 = 0.5$ - коефіцієнт взаємозв'язку статі учня (в загальному випадку виникне потреба у вказівках значення гормонального фону, але визначення останнього досить трудомістким і динаміка зміни непередбачувана) і видів подання інформації. У загальному випадку, вказівку статі характеризує ступінь діяльності півкуль головного мозку і домінування абстрактно-логічного (для чоловіків) або образного (для жінок) мислення, що значно впливає на процес сприйняття інформації.

Вплив віку на процес сприйняття інформації враховувати не будемо, тому що для різних аспектів інформації цей параметр є нерівно значущим, наприклад,

розвиток вербального інтелекту триває до 45-50 років [25], а максимальний розвиток логіко-математична частина досягає до 35 років. До досягнення 14 років, розвиток складових інтелекту відображає динаміку розвитку швидкості сприйняття інформації [25], але рівень логічної складової (що відповідає за судження), значно нижче. До того ж, програма шкільного навчання, прийнята в школах України, нівелює індивідуальні особливості (не сприяє розвитку здібностей) і до закінчення школи рівень потенційних здібностей, зазвичай набагато вище, ніж реалізованих.

Для спостереження динаміки зміни особливостей особистості, що буде досить повно характеризуватися розвитком складових інтелекту, задамо умову 14:

$$k_i^2 = k_i^1 * (1 - \Delta(f_i)), \Delta(f_i) = f_i^2 - f_i^1 \quad (14)$$

де f_i^1 – початкове(або попереднє) значення функції розвитку складових інтелекту;

f_i^2 – поточне значення функції розвитку складових інтелекту;

k_i^1 – початкове(або попереднє) k_i ;

k_i^2 – поточне значення коефіцієнта k_i .

Обвідна значень функції f_i^j , ($j \in R$) показує динаміку змін здібностей учня в процесі навчання, що може використовуватися при аналізі впливу навчання на розвиток особистості в областях, пов'язаних з педагогікою та психологією загальних здібностей

На навчальну успішність значний вплив мають вербальна, логіко-математична і просторова складові інтелекту. Розвиток музичної складової (як відповідає за процес сприйняття звукової інформації) на навчальну успішність з різних предметів (маються на увазі навчання основам дисципліни) надає лише непрямий вплив. Але цей фактор необхідно враховувати як супроводжуючий інші.

Вплив швидкості і якості сприйняття інформації на успішність вважаємо пов'язаним прямо пропорційною залежністю, з чого може послідувати висновок про те, що в разі подання інформації у вигляді, максимально який сприймає

людина, ефективність навчання буде зростати, а отже, досягається підвищення успішності.

У комп'ютерних системах припустимі наступні «способи подання інформації користувачу:

- структурована текстова інформація - класифікації, визначення;
- структурована просторова (по можливості) інформація - малюнки, схеми, таблиці;
- вербальна візуальна інформація - розгорнуті визначення, додаткові уточнення;
- озвучування - звуковий супровід візуальної інформації як її дублювання так і незалежне озвучування.

На сприйняття і подальшу актуалізацію інформації значний вплив мають вербальна, логіко-математична і просторова складові інтелекту. Розвиток музичної складової на навчальну успішність з різних предметів надає лише непрямий вплив. Але цей фактор необхідно враховувати як супроводжуючий інші.

Вплив швидкості і якості сприйняття інформації на успішність вважаємо пов'язаним прямо пропорційною залежністю, з чого випливає, що в разі подання інформації у вигляді, максимально який сприймає людина, ефективність навчання буде зростати» [26].

Вплив розвитку чинників інтелекту [24] на успішність з різних дисциплін, об'єднаних в цикли, представлено на рис.5.

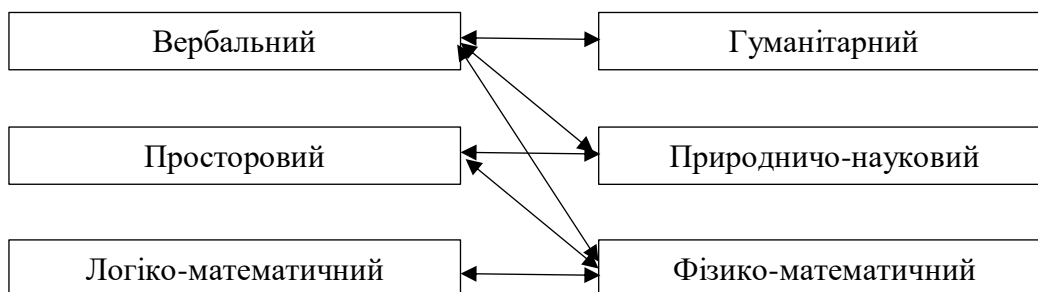


Рисунок 5 - Вплив розвитку складових інтелекту на успішність по циклам дисциплін

На рис.5 демонструється ієрархія складових інтелекту, тобто розвиток просторової складової ґрунтується на вербальній і обмежується її рівнем.

Оскільки музичну складову розглядаємо як супроводжуючу будь-який вид подання інформації, то встановлюємо постійне значення коефіцієнта $\delta_{\text{sound}}^{\text{int}} = 0.5$.

Об'єктивна модель знань (як при моделюванні, так і в природному вигляді) має ієрархічну структуру, тому для структурованої інформації введемо значення $\delta_{\text{str}}^{\text{int}} = 0.4$, як найбільш значущою основною складовою.

Складовим вербальної і просторової, дамо значення рівні, тому що при навчанні основам довільній дисципліни, ці чинники є рівнозначні: $\delta_{\text{patial}}^{\text{int}} = 0.2$; $\delta_{\text{verbal}}^{\text{int}} = 0.2$.

Вид подання інформації в пам'яті людини і швидкість її сприйняття, зокрема, залежить від ступеня активності особистості. Причому, можна сказати, що активність впливає на швидкість сприйняття і обробки інформації непрямым шляхом: активні люди всебічно розвивають свої здібності при спілкуванні, а пасивні - в більшості вдосконалюють наявні (просторові здібності).

Найбільш відповідний вид подання інформації для холериків - звукова і просторова інформація, що дозволяє визначити наступні коефіцієнти для взаємозв'язку види подання інформації та типу характеру:

$$\delta_{\text{patial}}^{\text{char}} = 0.1; \delta_{\text{str}}^{\text{char}} = 0.4; \delta_{\text{verbal}}^{\text{char}} = 0.2; \delta_{\text{sound}}^{\text{char}} = 0.5.$$

Для сангвініків характерно швидке сприйняття добре структурованої інформації зі звуковим супроводом, а також графіки. На підставі цього, визначимо:

$$\delta_{\text{patial}}^{\text{char}} = 0.3; \delta_{\text{str}}^{\text{char}} = 0.5; \delta_{\text{verbal}}^{\text{char}} = 0.1; \delta_{\text{sound}}^{\text{char}} = 0.3.$$

Флегматики характеризуються спокійним сприйняттям будь-якого виду інформації, але все ж можна виділити структуровану інформацію і просторову як найкращі, завдяки чому і визначимо коефіцієнти переваги типу представлення інформації: $\delta_{\text{patial}}^{\text{char}} = 0.4$; $\delta_{\text{str}}^{\text{char}} = 0.5$; $\delta_{\text{sound}}^{\text{char}} = 0.1$; $\delta_{\text{verbal}}^{\text{char}} = 0.2$.

Меланхоліки, в більшості, є інтровертами, що впливає на розвиток складових інтелектуальних здібностей. Як і для інтровертів, для них характерна провідна роль правої півкулі, що призводить до домінування образного мислення і, отже, до

просторового подання знань. Велика вага приписуємо також і вербальній складовій, тому що докладний образне опис сприяє формуванню зовнішніх асоціативних зв'язків: $\delta_{patial}^{char} = 0.5$; $\delta_{str}^{char} = 0.2$; $\delta_{sound}^{char} = 0.1$; $\delta_{verbal}^{char} = 0.4$.

Таким, чином, ми визначили значимість впливу розвитку складових інтелекту на вигляд представлення інформації, що в свою чергу безпосередньо впливає на швидкість і якість сприйняття інформації, від якої залежить ефективність навчання.

Визначення типу особистості може пропонуватися з використанням тестів ММРІ, Люшера, Векслера, МВТІ, ІРІР-NEO та інших, які пропонується інтегрувати як опціональну складову НС, а проходження тестування не розглядається як обов'язкова складова процесу навчання, а може слугувати лише для корегування моделі користувача.

Однією з об'єктивних характеристик користувача є рівні зору та слуху. У деяких випадках недостатність або недостовірність одержуваної інформації через фізіологічних обмежень користувачів може бути критичною. Тому в таких випадках пропонується використовувати домінуючу фізіологічну складову як основу для надання інформації, а вплив всіх суб'єктивних характеристик знижується.

3 ОПИС УЗАГАЛЬНЕНОГО МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ВИВЧЕННЯ МАТЕРІАЛУ

3.1 Формалізація навчального контенту

В загальному випадку весь навчальний матеріал з курсу може бути представлений у вигляді орієнтовного графа G , в якому $VG = \{v_i\}$ - множина вершин і $VE = \{e_i\}$ - множина дуг цього графа. Обмеження для орграфа G полягає в тому, що він не повинен містити:

- петлі, тобто дуги (v_i, v_i) ;
- цикли, тобто такі маршрути $(v_i, e_i, v_{i+1}, e_{i+1}, \dots, v_k)$, в яких $i = k$, а v_i, v_{i+1}, \dots, v_k - відповідні номери вершин, а e_i, e_{i+1} ; - номери дуг які входять до маршруту;
- незв'язні вершини або підграфи.

Але при визначенні послідовності вивчення матеріалу важливим є структурування матеріалу за темами та підтемами, а побудова орграфу з урахуванням підтем різного ступеня вкладеності призведе до наявності підграфів та неможливості побудови коректного маршруту. Тому розглядатимемо оргграф як взаємозв'язок тем одного рівня, а для кожної теми за наявності підтем пропонується розглядати окремі оргграфи, а опанування матеріалом теми визначається як виконане при проходженні усіх вершин орграфу цієї теми. Даний підхід є рекурсійним та повинен застосовуватися для кожної вершини орграфу.

Для визначення незв'язних вершин оргграф розглядається як неорієнтований. При цьому застосуємо визначення зв'язності графа, за яким «неорієнтований граф є зв'язним, якщо будь-яка пара його вершин є зв'язаною. Дві вершини v і w називаються зв'язаними, якщо існує маршрут вигляду $(\dots, v_1, e_1, v_2, e_2, \dots, v_{n-1}, e_{n-1}, v_n, \dots)$ із кінцями v та w » [21].

При побудові маршруту можна застосовувати задачу розфарбовування вершин графу, яка полягає в побудові довільної функції

$$f: VG \rightarrow \{1, 2, \dots, k\}$$

де k - кількість різних фарб.

В даному випадку рішенням задачі визначення послідовності вивчення тем є таким розфарбування орграфа G , при якій для будь-якого маршруту $(v_1, e_1, v_2, e_2, \dots, e_k, v_{k+1})$, вершини якого розмальовані кольорами l_1, l_2, \dots, l_j вірно твердження $l_i < l_j$, якщо $i < j$ » [21].

Зауважимо, що з використанням такого підходу послідовність засвоєння тем повинна враховувати опанування попередніми темами перед початком вивчення теми.

Також можна використовувати алгоритм топологічного сортування [21]. «Нехай розглядається деякий орієнтований гра G , який не містить циклів. Під топологічним сортуванням даного графа розуміють процес лінійного впорядкування його вершин таким чином, що якщо в графі існує ребро (a, b) , то, в упорядкованому списку вершин графа G , вершина a передує вершині b . Якщо в орієнтованому графі є цикли, то упорядкованого таким чином списку для нього не існує.

Зауважимо, що задачу про топологічне сортування можна переформулювати: розмістити вершини орієнтованого графа на горизонтальній прямій таким чином, щоб всі його ребра йшли зліва направо» [21]. Практичним прикладом топологічного сортування є впорядкування тем навчальних курсів, пропонуваніх для вивчення, якщо по кожній темі відомі початкові вимоги щодо рівня знань попередніх тем

В загальному випадку, топологічне сортування (за його наявності) не обов'язково єдине, що дозволяє змінювати порядок вивчення тем користувачами на підставі вибору з доступних на даний час тем. Тобто, базуючись на наборі вже пройдених тем, можна запропонувати користувачеві різні варіанти для вивчення (за наявності таких), що дозволить індивідуалізувати процес навчання

Розглянемо алгоритм пошуку углиб, або «DFS-метод (depth first search). У процесі його роботи всім вершинам графу надаються номери (DFS-номери). На відміну від методу пошуку вшир, пошук углиб використовує структуру даних стек для збереження вершин-кандидатів. Зі стеку можна вилучити тільки той елемент,

який було додано до нього останнім: стек працює за принципом «останнім прийшов – першим вийшов» (LIFO). Інакше кажучи, додавання й вилучення елементів у стеку відбувається з одного кінця, який називається верхівкою стеку... Аналогічно до пошуку вшир, для відслідковування роботи процедури DFS можна використовувати протокол обходу» [21].

Наведемо реалізацію функції пошуку углиб на C#:

```
private bool DFS(Node node)
{
    if (node == goal)
    {
        return true;
    }
    visited.Add(node);
    foreach (var child in node.Children.Where(x =>
!visited.Contains(x)))
    {
        if (DFS(child_node))
        {
            path.AddFirst(child);
            return true;
        }
    }
    return false;
}
```

Також для пошуку доступних вершин можна використовувати алгоритм Кана або алгоритм Тар'яна [21].

3.2 Врахування рівня підготовленості користувача при формуванні траєкторії навчання

Індивідуальна освітня траєкторія – це «персональний шлях реалізації особистісного потенціалу кожного студента в освіті. Під особистісним потенціалом студента тут розуміється сукупність його здібностей: пізнавальних, творчих, комунікативних» [27].

Модель користувача та математична модель заняття, сформована на підставі інформації, що описані в роботі, дозволяють на основі попередніх даних здійснити прогнозування значень характеристик користувача, які потім використовуються для побудови індивідуальної траєкторії опанування матеріалом.

Введемо поняття кванта знань – найменшої одиниці навчального матеріалу.

Оскільки час опрацювання кванту знань грає важливу роль, можна розглядати задачу опанування матеріалом за мінімальний проміжок часу, для чого введена додаткова величина, що визначає час, необхідний для виконання завдання.

Результатом є «обчислений індекс успішності виконання $\theta(t)$, де t – час, за який було виконано завдання.

У ході виконання поставленого завдання користувач може отримувати додаткову інформацію у вигляді прикладів та додаткового теоретичного матеріалу. Правильна відповідь, що дається після отримання додаткової інформації, повинна бути оцінена нижчим балом, ніж розв'язок, знайдений без жодної допоміжної інформації. Значення вартості додаткової інформації δ дорівнює 1, якщо така додаткова інформація була надана й дозволяє вирішити задачу, і дорівнює нулю, якщо жодної додаткової інформації не надходило. Навчальний процес виглядає як процес постійного пошуку студентом правильного порядку виконання операцій над квантом із деяким обсягом додаткової інформації. Така побудова процесу навчання створює додаткову мотивацію до навчання, викликаючи ефект суперництва, нагородою в якому є досягнення правильного результату за коротший термін, а, отже, і вища оцінка за виконане завдання» [1]. Такий підхід базується на схемі розгалуженого програмування Краудера (п.1.3.1).

Для забезпечення адаптивного індивідуалізованого навчального процесу значення $\theta(t)$ повинно бути мінімальним при спробах користувача вгадати порядок виконання завдання, і максимальним при коректному визначенні операцій над квантом знань. «Необхідно також урахувувати випадок, коли жодна операція не виконана. Для цього вводиться величина $\xi(t)$. Якщо над квантом i необхідно виконати одну з типових допустимих операцій, то в разі здійснення її студентом

$\xi_i(t) = 1$, в іншому разі $\xi_i(t) = 0$. Нехай $R_i(t)$ – величина, обернено пропорційна до часу затримки між моментом отримання кванта на опрацювання й відповіддю студента, p_i – імовірність необхідності обробки певного кванта i та $\chi_i(t)$ – відносна частота появи кванта під час даного навчального процесу. У роботі показано, що при добре організованому навчальному процесі значення $\theta(t)$, яке обчислюється, буде максимальним» [1].

Використання подібної моделі дозволяє автоматизувати реалізацію адаптивного навчального процесу в СН.

Окрему увагу слід приділити формуванню тестових завдань та визначенню рівня опанування матеріалом.

3.3 Опис підходу до проектування підсистеми тестування

Одним з найважливіших факторів, котрі впливають на побудову траєкторії навчання, є поточне та підсумкове тестування знань. Саме результати тестування і є основою для визначення рівня опанування матеріалом в системах дистанційної освіти.

Однією з безперечних і основних його переваг є мінімум витрат часу на отримання надійних підсумків контролю, можливість використання на великих потоках студентів. При тестуванні використовують і паперові, і електронні варіанти. Електронне тестування особливо привабливо, так як дозволяє отримати результати практично відразу після закінчення тесту.

Тестування - більш справедливий метод, практично виключає суб'єктивізм викладача, оскільки ставить всіх студентів в рівні умови і в процесі контролю, і в процесі оцінювання [28].

В роботі [29] розглянуто питання формування тестового набору, який охоплює навчальний матеріал, але запропонований підхід не враховує особливості

різних предметних галузей, зокрема, мов програмування, та як часний випадок, мови структурованих запитів.

При тестуванні запитів до бази даних потрібно мати на увазі особливості запитів до різних СУБД, синтаксис яких може відрізнятися. Також різні типи запитів виконують різну роботу з даними. Деякі (наприклад, Select) просто зчитують і повертають деяку інформацію. Ці запити слід перевіряти на помилки і звіряти отримані дані з тими, які потрібно отримати на тестовому прикладі. Такі запити, як Create, Drop, Insert, Update, Delete, впливають на дані, змінюючи їх, тому такі запити більш небезпечні при виникненні помилки. При роботі з запитами до бази даних потрібно розділити обробку помилок різних запитів і передбачити можливий різний порядок рядків у результаті виконання запиту.

Для системи тестування знань «важливу роль відіграє галузь, інформація якої підлягає перевірці. Для розділів дисциплін, що містять теоретичні знання, в першу чергу, рекомендується застосовувати оцінку рівня володіння основними поняттями та відношеннями між ними, а лише після успішного контролю цього рівня – перехід до більш абстрактних питань та питань, які можуть містити узагальнення та приклади практичної реалізації набутих теоретичних знань. При цьому для оцінки базового рівня володіння теоретичними знаннями пропонується використовувати тести з з одиночним та множинним вибором (із обмеженням щодо відношення кількості вірних та невірних варіантів відповідей). Таким чином можна запобігти ускладненню програмного забезпечення для проведення тестування та на достатньому рівні оцінити знання користувача. При формуванні питань підвищеної складності може бути застосовані питання з визначеннями відповідності елементів та формування коректної послідовності дій. Такі варіанти питань призводять до ускладнення підсистеми тестування, але значно розширюють перелік компетенцій та навичок, що підлягають перевірці. Для дисциплін, що носять теоретичний характер, використання питання з відкритою відповіддю (заповнення таблиць, схем, довільне висловлювання, тощо) призводить до зниження рівня формалізації теоретичної інформації та необхідності введення підсистем синтаксичного та семантичного аналізу до системи перевірки знань (при автоматичній перевірці

тестів), що значно перевантажує систему, або до необхідності залучення викладачів для перевірки знань, що збільшує навантаження на викладача и та може привести до необ'єктивності оцінки знань, що неприпустимо у системах тестування.

Для галузей, які потребують перевірки набутих навичок розв'язання завдань, слід застосовувати варіанти з відкладеними відповідями, щоб учасники тестування мали змогу самостійно знайти рішення, а не підставляти надані у відповідях варіанти» [28].

Особливу увагу приділимо тестування навичок в області програмування, коли крім перевірки теоретичних знань (наприклад, знання основних керуючих конструкцій мови програмування), слід перевірити і навички виконання практичних завдань - написання фрагментів програм. Такого роду завдання можуть бути виконані по-різному, тобто завдання може мати кілька вірних рішень і для перевірки коректності виконання завдання неможливо застосувати жоден із класичних підходів до тестування. В даний час існують програмні засоби - системи тестування рішень програмних завдань, які дозволяють автоматизувати перевірку коректності написання програм [30].

Для методики формування тестових завдань крім стандартних критеріїв для тестів (критерій дискримінативності, надійності, валідності, складності тесту) запропонуємо «критерії, яким повинні задовольняти тестові набори:

- критерій повноти – питання тестового набору повинні покривати усі елементи теми, що підлягає тестуванню;
- критерій відсутності перетину тестових питань: перевірки підлягають лише фрагменти завдання, за яким сформульоване питання.

Детальніше опишемо критерій повноти. Для цього наведемо терміни «зміст поняття» і «обсяг поняття»: змістом поняття є сукупність сутнісних ознак, які характеризують даний предмет, а обсяг поняття - сукупність або множина предметів, які входять до складу поняття. Провівши аналогію між дисципліною, по якій проводиться тестування, і поняттям (основним об'єктом предметної області), можна помітити, що в зміст дисципліни входить весь перелік тематичних одиниць

(теми, розділи, підрозділи, тощо), а обсяг становить множина тестових питань, які покривають весь зміст кожної теми:

$$S = \cup R_i$$

де S – об'єм дисципліни;

R_i – i -а тематична одиниця, $i \in [1; n]$, n – кількість тематичних одиниць в дисципліні.

Для запобігання плагіату під час проведення тестування тест повинен містити не менше 10 питань за кожною темою.

Наприклад, для перевірки знань з мови структурованих запитів, виділимо розділи: DML, DDL, DCL. У кожному з них визначимо тематичні одиниці. У таблиці 1 наведено взаємозв'язок тематичних одиниць для розділу DML [28].

Таблиця 1 – Тематичні одиниці підрозділу DML

Підрозділ	Тема	Тематична одиниця	Рівень
SELECT	Прості запити	Форматування виведення	1
		Обмеження на виведення	1
		Спеціальні оператори, впорядкування	1
		Агрегатні операції	1
		Обмеження на групи	2
	Запити на декількох таблицях	Об'єднання таблиць	2
		Обмеження на дані з декількох таблиць	2
		Обмеження на дані та групи з декількох таблиць	3
	Підзапити	Прості підзапити	2
		Корельовані підзапити	3
		Предикати ANY, ALL	3

Кінець таблиці 1

Підрозділ	Тема	Тематична одиниця	Рівень
INSERT	Додавання одиничного запису		1
	Множинне додавання		2
UPDATE	Модифікація даних з (без) обмеженнями на дані рядків		1
	Модифікація даних на підставі даних з іншої таблиці		2
DELETE	Вилучення даних з (без) обмеженнями на дані рядків		1
	Вилучення даних на підставі даних з іншої таблиці		2

Наведений рівень складності може застосовуватися для автоматизації дискримінаційного тестування та формування тестових наборів для стійкої групи користувачів.

Таким чином, для формування тесту для цього прикладу необхідно скласти не менше 170 питань відповідно до наведеної тематики.

На підставі критерію відсутності перетину тестових питань, пропонується обмежити перевірку відповідей тільки тематикою питання. Наприклад, при перевірці знань з тематичного розділу «Обмеження на дані» необхідно перевірити результуючу вибірку на відповідність рядків і їх кількість, і не звертати увагу на впорядкування рядків в результаті запиту і на кількість і порядок полів виведення.

Формалізуємо критерій відсутності перетинань:

$$\forall i, j: R_i \cap R_j = \emptyset$$

де R_i, R_j – i (j)-а тематична одиниця, $i, j \in [1; n]$, n – кількість тематичних одиниць в дисципліні.

Виходячи з цього, тестова множина може бути представлена:

$$S = \cup Q_i^l$$

де Q_i^l – l -те питання тестового набору, яке входить до складу R_i , $l \geq 10$.

Для формування тестового набору з одного тематичного розділу, слід привести однотипні питання.

Для визначення коректної відповіді необхідно для кожного запиту сформулювати еталонний запит для формування еталонної результуючої вибірки. Крім того, «необхідно розробити показники оцінки результуючих запитів для кожної з тематичних одиниць і ввести їх в базу тестових запитань із зазначенням тематичної одиниці, а всі завдання повинні належати до певної одиниці для здійснення перевірки.

Тестовий набір для підсумкового контролю знань повинен містити питання з кожної тематичної одиниці, але при досить великій кількості тем та обмежені часу пропонується проводити тестування, призначене для окремих груп користувачів, а в тестові набори включати питання одного рівня складності. Наприклад, в першу чергу можна сформулювати тест з питань рівнем складності 2 (оцінка «добре»), після складання якого можна сформулювати 2 набору з рівнем складності 1 (для перевірки володіння базовими знаннями для тих, хто не склав першу частину) та рівнем 3 – для користувачів, які можуть претендувати на відмінну оцінку.

Для ведення поточного контролю можна передбачити автоматичне формірованін тестових наборів на підставі питань розділу / підрозділу без урахування рівня складності завдань. Кількість питань в завданні викладач може самостійно встановити, але ця кількість не повинна бути меншою, ніж кількість тематичних одиниць. Таким чином, ієрархічна структура організації завдань полегшує процес формування тестових наборів з урахуванням критерію валідності за змістом» [28].

Для перевірки знань можуть використовуватися різні критерії формування оцінки. Використання методів на основі кількісних критеріїв передбачає використання кількісної шкали, оцінка в цьому випадку задається числом. Наприклад, коефіцієнт засвоєння $K = A / P$, де A – кількість правильних відповідей в тесті, P – загальна кількість відповідей. Крім того, при формуванні оцінки можна врахувати рівень підготовленості користувача, який проходить тестування, типи і характеристики тестових завдань, віднесення користувача до стійких класів, тощо.

Всі перераховані підходи можуть застосовуватися для тестів, які не передбачають кілька правильних семантично різних варіантів відповідей.

Для перевірки знань і навичок в області програмування слід передбачити можливість автоматизованої перевірки запропонованого рішення, тобто створення системи тестування, яка дозволяє виконати компіляцію коду (фрагмента коду) програми і перевірки результатів за темами.

Для підсистеми перевірки знань з мови SQL необхідно створити тестовий набір за кожною тематичною одиницею, а також алгоритм порівняння результатів еталонної та запропонованої користувачем вибірок.

При проведенні «поточного контролю і формуванні завдань з рівним рівнем складності для оцінювання можна застосовувати коефіцієнти, які відповідають рівням складності. Пропонується загальну оцінку розраховувати за формулою: $M = k * A / P$, де k - коефіцієнт складності. Для середнього рівня складності (2) – $k = 1$, для низького (1) - $k = 0.7$, для завдань підвищеної складності (3) - $k = 1.3$. А за наявності більшої кількості рівнів можна коефіцієнт складності задавати самостійно» [28].

Таким чином, можна автоматизувати процес перевірки знань користувачів навчальних систем, але цей підхід потребує досить об'ємної підготовки матеріалів для створення навчального контенту.

4 ОПИС ПРОТОТИПУ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Проектування програмної системи

При моделюванні і плануванні прототипу програмної системи було прийнято рішення, що застосовуватимемо мікросервісну архітектуру з брокерами повідомлень для організації взаємодії користувачів із різними компонентами програмної системи [31], серверу застосувань з базою даних, на якому буде зберігатися інформація про поточний стан системи та користувачів.

В якості користувачів програмної системи можуть виступати 3 групи: адміністратори, викладачі, користувачі-студенти. Наведемо основні функції, доступні викладачам та студентам (див. рис.6) програмної системи



Рисунок 6 – Use-case діаграма

Для викладачів доступна функція ведення курсів, яка передбачає можливість створення, редагування та видалення навчального контенту, а також його розмітки для визначення основних понять та істотних властивостей понять, що може застосовуватися при ознайомленні з основними поняттями предметної області та визначені необхідного рівня володіння матеріалом. На діаграмі окремо не визначений прецедент підготовки тестів, вважатимемо його елементом прецеденту

ведення тем та підтем. Для кожної загальної теми пропонується визначити підсумкове тестування, яке має підтвердити володіння матеріалами теми, а сукупність усіх тестів за темами – володіння матеріалами всього курсу. Але, за наявності окремих підтем різного ступеня вкладеності, пропонується формувати тестові завдання за найменшими тематичними одиницями. Такі тести містимуть неелику кількість питань та дозволять вчасно виявити прогалини у знаннях.

Окрему увагу слід приділити визначенню зв'язків між темами. В переважній більшості випадків застосовується лінійна модель, за якою є можливість переходу лише до однієї визначеної теми після опанування попередніми. Але в багатьох випадках, особливо в освіті дорослих, виникають ситуації при яких наявні декілька тем, для яких були повністю виконані початкові вимоги, тобто, користувач повинен мати можливість на власний розсуд обрати навчальний матеріал, до засвоєння якого він готовий. Саме визначення зв'язків і задає наявність початкових умов для переходу до тієї чи іншої тематичної одиниці.

Розглянемо приклад з дисципліни Бази даних, в якій можна виділити такі тематичні одиниці: алгоритм нормалізації та мова SQL. Для ознайомлення з кожною з цих одиниць потребується знання реляційної концепції (її структурної, цілісної та маніпуляційної частини). Зазвичай, в класичних курсах ЗВО пропонується спочатку алгоритм нормалізації, а для спеціалізованих курсів та тренінгів – мова SQL. В програмній системі пропонується не обмежувати користувача такими підходами, а з використанням алгоритму топологічного сортування на кожному кроці надавати усі можливі варіанти для вибору теми.

Ведення різних видів подання матеріалу дозволяє надавати навчальний контент за однією темою у різних виглядах для підвищення сприйняття матеріалу на підставі психотипу користувача. Так, для тематичної одиниці «Структурна частина реляційної концепції» можна матеріал надати у вигляді тексту з визначеннями та поясненнями, а також у вигляді основних понять та візуальної демонстрації цих понять на прикладі (з обов'язковими коментарями щодо визначення понять і їх місця в загальній картині світу).

Для користувача-студента доступними є функція тестування для визначення психотипу [2] та можливості корегування виду наданого матеріалу (див. Додаток Б). Для адаптації інтерфейса використовується модель інтелекту користувача (формується після пройденого тестування), а для формування переліку матеріалів, доступних для вивчення, формується модель користувача на підставі поточного тестування.

Загальна діаграма діяльності користувача-студента наведена на рис.7 та демонструє послідовність роботи з системою.

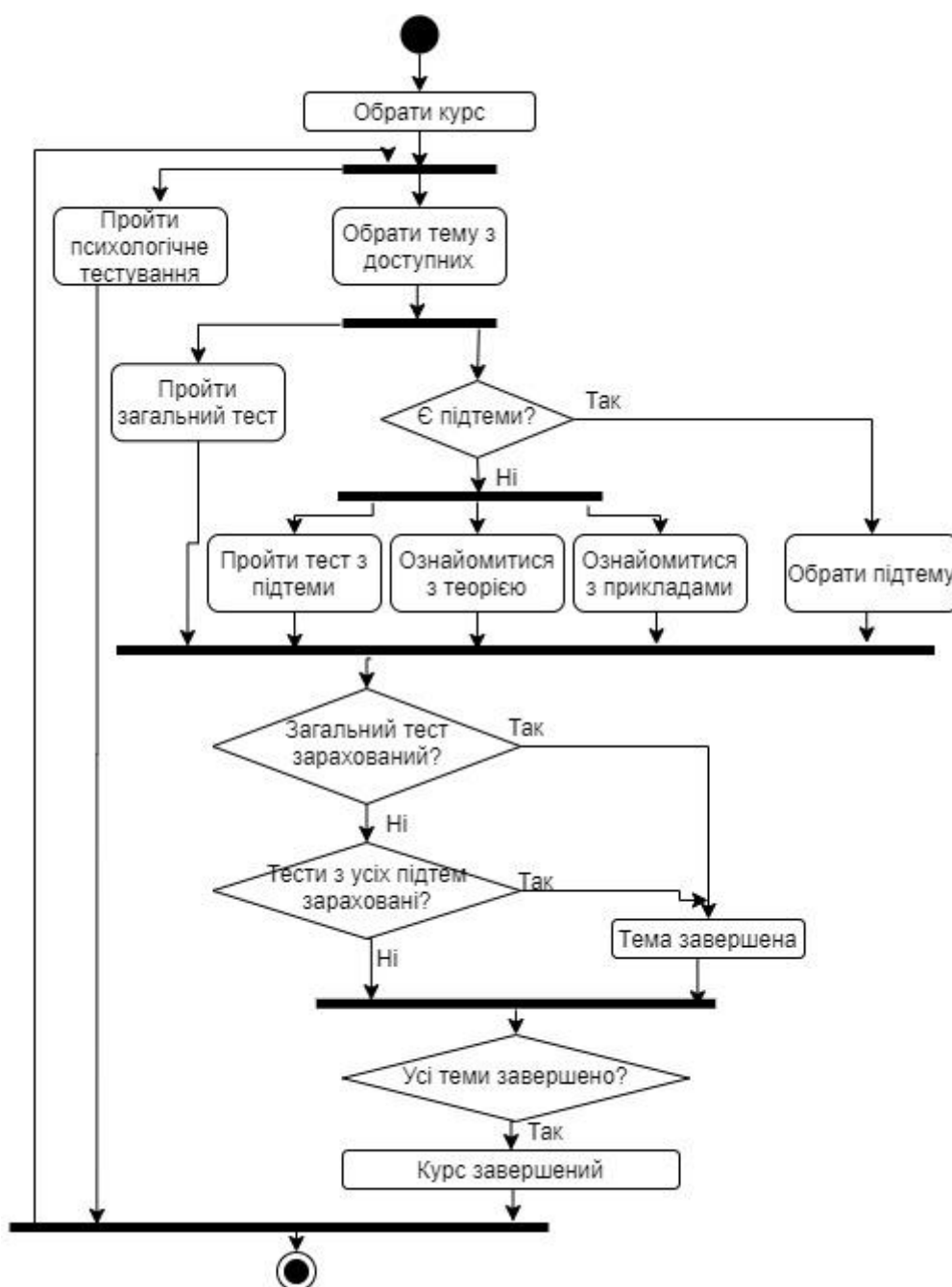


Рисунок 7 – - Діаграма діяльності користувача-студента

Зауважимо, що для досвідчених користувачів пропонується можливість проходження тесту без ознайомлення з навчальним матеріалом, що дозволяє скоротити час роботи із системою у випадку наявності вже знайомих тем. Після успішного проходження теста доступна можливість повернення до матеріалів та тестів вже завершених тем для усунення можливих прогалин та актуалізації знань.

При роботі з підтемами можливо отримання навчального контенту лише за кінцевою тематичною одиницею (найменшою підтемою) та проходження відповідних тестів.

Система складається із серверу застосувань, серверу бази даних для збереження інформації про користувачів, NoSQL-сховища для зберігання навчального контенту, веб-застосунку та мобільного додатку.

Сервер бази даних повинен підтримувати збереження даних у реляційному вигляді та забезпечити реплікацію даних. В якості NoSQL СУБД на підставі аналізу, представленого в [32], оберемо документоорієнтовну СУБД MongoDB. Сервер для обробки запитів має відповідати наступним вимогам:

- валідація даних;
- передача даних до серверу БД;
- підтримка роботи користувачів із різними ролями (викладач, студент) і відповідне налаштування функціоналу веб-додатку;
- передача даних із БД в клієнтський веб-застосунок.
- зміна сторінок веб-застосунку без фактичного оновлення сторінки у браузері.

Вимоги до апаратного забезпечення серверів застосунку та баз даних встановлюються постачальником хостингу.

Сервер застосувань та сервери баз даних повинні працювати на одній із операційних систем сімейства Unix або Windows. На серверах повинно бути встановлено:

- набір серверів IIS;
- платформа .NET Framework 4.5 із компілятором .NET;
- Entity Framework 6 для підтримки об'єктно-реляційного мапінгу;

- СУБД MS SQL SERVER;
- бібліотеки для роботи із веб-інтерфейсом bootstrap та jQuery.

Для тестування програмної системи «YourChoice» використані три види тестування:

- модульне тестування;
- інтеграційне тестування;
- тестування зручності користування.

Всі види тестування дали позитивні результати.

4.2 Опис інтерфейсу користувача

Програмна система підтримує роботу користувачів з ролями: адміністратор, викладач, користувач-студент (далі – студент). Розглянемо інтерфейс ролі викладача.

Після успішної авторизації (а за необхідності – реєстрації з підтвердженням адміністратором ролі викладача), користувач потрапляє на головну сторінку (рис.8), з можливостями переходу до ведення курсів або навчальних груп. Під групами розуміємо одного чи декілька користувачів, які обрали курс із множини курсів викладача для проходження і знаходяться в активному стані (тобто ще не завершили проходження курсу, але й не мають терміну неактивності більше місяця).

Для роботи з курсами можна обрати відповідний пункт та перейти до переліку власних курсів. Створення нового курсу можливо за вибором відповідного пункту контекстного меню області курсів.

Пропонується структурування матеріалів курсу за темами з підтемами. Кожній темі привласнюється ідентифікатор T_i (де i – номер теми), а підтемі – ST_{ij} , де i – номер теми, j – номер підтеми. Аналогічно ідентифікуються і підтеми нижчого порядку.

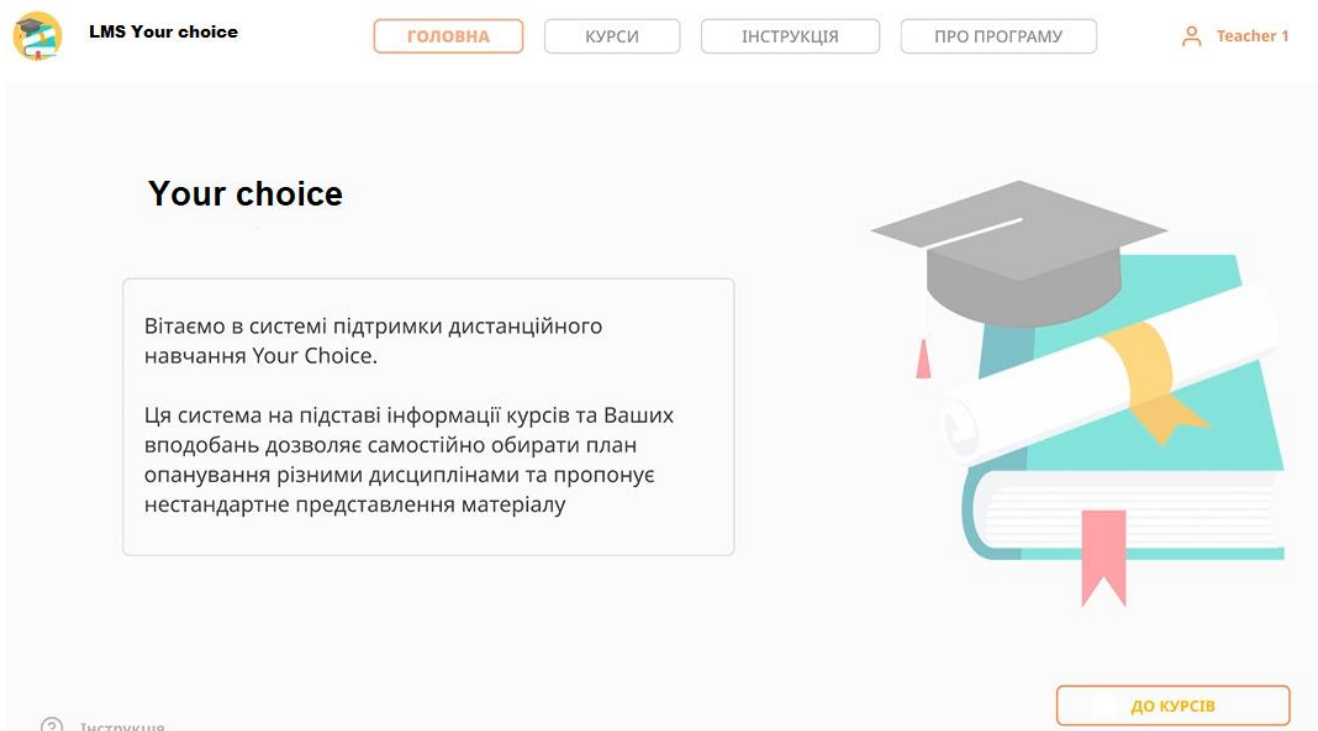


Рисунок 8 – Головна сторінка

Редагування матеріалів містить 2 етапи – редагування контенту та зв'язків між модулями. Для встановлення нових чи редагування існуючих зв'язків слід перейти в режим їх редагування (рис.9), в якому отримаємо взаємозв'язки між темами верхнього рівня ієрархії та можливість встановлення нових зв'язків.



Рисунок 9 – Редагування зв'язків між темами

Для деталізації теми можна натиснути відповідний елемент та отримати повний перелік підтем із зв'язками між ними, встановленими раніше. Фрагмент теми з підтемами наведено на рис.10.

За замовчуванням встановлено лінійний порядок подачі матеріалу (як тем так і підтем), але, за бажанням викладач може змінити його, обравши стрілку та вказавши її початок та кінець.

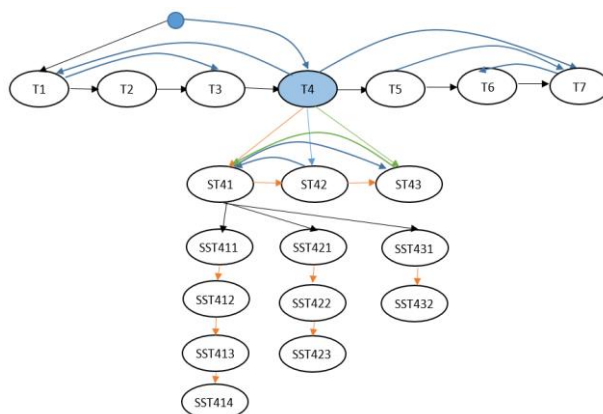


Рисунок 10 – Фрагмент розкритих підтем в режимі редагування

Для редагування контенту слід натиснути на відповідній темі (підтемі) для переходу в режим редагування контенту (див. рис.11).

БАЗИ ДАНИХ | РЕДАГУВАННЯ

Алгоритм нормалізації

Нормалізація – це роздлення таблиці на дві або більш, таких, що володіють ліпшими властивостями під час включення, зміни та видалення даних.

Кожній нормальній формі відповідає деякий певний набір обмежень, і відношення знаходиться в деякій нормальній формі, якщо задовольняє властивому для неї набору обмежень. Прикладом набору обмежень є обмеження першої нормальної форми - значення всіх атрибутів відношення атомарні. Оскільки вимога першої нормальної форми є базовою вимогою класичної реляційної моделі даних, ми будемо вважати, що початковий набір відношень вже відповідає цій вимозі.

У теорії реляційних баз даних зазвичай виділяється наступна послідовність нормальних форм:

- перша нормальна форма (1nf);
- друга нормальна форма (2nf);
- третя нормальна форма (3nf);
- нормальна форма Бойса-Кодда (BCNF);
- четверта нормальна форма (4nf); - п'ята нормальна форма, або нормальна форма проєкції-з'єднання (5nf або Pjnf).

ЗБЕРЕГТИ

Рисунок 11 – Редагування текстової інформації

Після підготовки навчального контенту користувачі-студенти можуть отримати доступ до цих матеріалів.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання атестаційної роботи було представлено підхід до побудови траєкторії навчання на підставі моделі користувача та моделі предметної області.

В ході роботи була проаналізована предметна галузь, виявлені основні об'єкти системи, а також взаємовідносини між ними, були проаналізовані методи представлення навчального матеріалу, запропонований підхід до виділення основних понять предметної галузі, критерії виділення понять. Продемонстрована можливість використання орґафу для організації навчального контенту та продемонстровано використання топологічного сортування для побудови траєкторії навчання. Запропонована модель користувача з урахуванням індивідуальних особливостей та рівня володіння навчальним матеріалом для чого були запропоновані додаткові критерії визначення якості тестових наборів.

Результатом роботи є прототип програмної навчальної системи , який складається з серверу та клієнтського застосунку, та дозволяє формувати навчальний контент з можливістю його використання при побудові індивідуальної траєкторії навчання з урахуванням моделі користувача. Проаналізувавши створену систему на відповідність вимогам, прийшли до висновку, що система навчання задовольняє поставленим завданням.

За результатами роботи опубліковано тези доповіді на Міжнародній науково-практичній конференції Science, Research, Development. Technics and technology. №35, які наведено в додатку Б. За результатами атестаційної роботи було розроблено презентацію (див. додаток В). Фрагмент лістингу коду наведено в додатку Г.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Федорук П.І. Адаптивна система дистанційного навчання та контролю знань на базі інтелектуальних інтернет-технологій: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06. Київ, 2009. 37 с.
2. Несміян Ю.Ю., Широкопетлева М.С. Про підхід до створення моделі користувача в адаптивній системі навчання /«Східно Європейський журнал передових технологій», 2010, с. 51-54.
3. Корбут О.Г. Дистанційне навчання: моделі, технології, перспективи // Науково-практична конференція «Новітні освітні технології» URL: <http://confesp.fl.kpi.ua/ru/node/%201123> (дата звернення 18.09.2020)
4. Леонова Е. Системы дистанционного обучения, LMS URL: <https://hurma.work/ru/blog/top-10-sistem-dlya-distanczionnogo-obucheniya-sotrudnikov/> (дата звернення 22.09.2020)
5. Возможности СДО iSpring Learn // iSpring Learn URL: <https://www.ispring.ru/ispring-learn/key-features> (дата звернення 22.09.2020)
6. Жуковська Е. Топ-3 системи для онлайн-навчання // Освіта.ua URL: <https://osvita.ua/news/71748/> (дата звернення: 30.09.2012).
7. Що таке Moodle // Moodle URL: <https://moodle.org/mod/page/view.php?id=8174> (дата звернення: 30.09.2012).
8. Самойленко О. MOOC-платформи як інструмент інформальної освіти дорослих // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології, 2019, № 4 (88). – С.103-116.
9. List of Features // Open edX URL: <https://open.edx.org/the-platform/features/> (дата звернення 23.09.2020)
10. Дольнікова, Л. В.; Цубова, О. Л. Структурування змісту навчальних дисциплін як важлива передумова для підвищення якості підготовки фахівців // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" : [збірник наукових праць]. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – № 767 С. 379-382.

11. Теоретические основы содержания общего среднего образования / под ред. В.Б. Краевского, И.Я. Лернера. – М.: Педагогика, 1983. – 352 с.
12. The methods of adaptation in computer-based training systems Shubin, I., Karmanenko, O., Gorbach, T., Umyarov, K. 2015 Information Technologies in Innovation Business Conference, ITIB 2015 - Proceedings, 2015, с. 64-67, 7355054
13. Шубин И. Ю. Информационные технологии моделирования адаптивных систем обучения // Информационные системы и технологии : материалы 3-й Междунар. науч.- техн. конф. ИСТ-2014, 15-21 сент. 2014 г., Харьков : тез. докл. – Х. : НТМТ, 2014. – С. 93-94.
14. Mining methods for adaptation metrics in e-learning Shubin, I. , Skovorodnikova, V. , Kozyriev, A. , Pitiukova, M. CEUR Workshop Proceedings, 2019, 2362
15. Оцуки С. Приобретение знаний и обучение в диалоге: Пер. с япон. / под ред. С. Осуги, Ю. Саэки. - М.: Мир, 1990. - 304 с.
16. Бідюк О. І. Методи організації контролю знань в автоматизованих навчаючих системах / О. І. Бідюк, А. О. Скрипка, О. В. Огнєвий // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - 2015. - Вип. 50. - С. 165-170.
17. Обучающие машины, системы и комплексы: Справочник / Под ред. А.Я. Савельева. - Киев: Вища шк., 1986. - 303 с.
18. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник. / Семен Устимович Гончаренко. — Київ: Либідь, 1997. — 376 с.
19. Norman A. Crowder. The Arithmetic of Computers: An Introduction to Binary and Octal Mathematics.- Doubleday, 1960. — 472 с.
20. Гальперин П.Я. Программированное обучение и задачи коренного усовершенствования методов обучения // К теории программированного обучения. — М., 1967.
21. Бондаренко М. Ф. Комп'ютерна дискретна математика: підручник / Бондаренко М. Ф., Білоус Н. В., Руткас А. Г. –Харків, «Компанія СМІТ», 2004 - 485с.

22. Введение в web APIs // MDN Web docs URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/JavaScript/Client-side_web_APIs/Introduction (дата звернення 18.10.2020)
23. Нестеренко О.А., Широкопетлева М.С., Черепанова Ю.Ю. Применение индивидуализации процесса обучения в компьютерных обучающих средах // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 5/2 (17). – С. 99-103.
24. Дружинин В.Н. Психология общих способностей. – СПб.: Питер Ком, 1999. – 368 с.
25. Холодная М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования. М – Томск, 1996.
26. Широкопетлева М. С. О подсистеме адаптации интерфейса для лексикографического украино-русско-английского словаря с учетом индивидуальных психофизиологических особенностей личности // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Новые решения в современных технологиях. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2012. – № 68 (974). – С. 118-122.
27. Багрий В. Педагогічна (фахова) практика у проектування індивідуальної освітньої траєкторії студента. // Social Work and Education, 4(1), С. 93-101.
28. Про підхід до проектування системи тестування знань з мови SQL / М.С. Широкопетлева, Ю.Ю. Черепанова // Вісник Національного технічного університету "ХПИ". Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси. - 2016. - № 17. - С. 50-55.
29. Кабанова Т.А., Новиков В.А. Тестирование в современном образовании: уч. пособие. – М.: Высшая школа, 2010. – 384 с
30. Бондарев В.М., Черепанова Ю.Ю. Мережева підтримка навчання програмуванню // V Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія", 27–29 травня 2015 р. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2015. С. 49–50.
31. Apukhtin V., Shirokopetleva M., Skovorodnikova V., The Relevance of Using Message Brokers in Robust Enterprise Applications. 2019 International Scientific-

Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings, pp. 305-309.

32. Kuzochkina A., Shirokopetleva M., Dudar Z., Analyzing and Comparison of NoSQL DBMS. International Scientific and Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PIC S&T`2018), October 9-12, 2018. Proceedings 8632133, pp. 560-565.