

ПАЛАМАРЧУК ЄВГЕН

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7443-099X>e-mail: [p@vntu.edu.ua](mailto:p@vntu.edu.ua)

ЩИРОВ ОЛЕКСАНДР

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0009-0002-8842-5355>e-mail: [olexandr.shchirov@gmail.com](mailto:olexandr.shchirov@gmail.com)

## ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНОГО КОНТЕНТУ В ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Досліджено питання формування адаптивного навчального контенту в сучасних електронних системах управління навчанням. Проаналізований підхід дозволяє адаптувати електронний контент до потреб і здібностей студента, сформувати його індивідуальної траєкторії навчання і як наслідок підвищити ефективність одержання кінцевих результатів. В якості механізму реалізації поставленої задачі запропонований агентно-орієнтований підхід із застосуванням штучного інтелекту для вивчення особливостей студента і формування індивідуального навчального контенту. Описаний підхід формування систем управління процесом навчання, заснований на мультиагентній технології. Відмінність даного підходу від існуючих у тому, що рішення, які приймаються системою, є безліччю сукупних рішень інтелектуальних рефлекторних агентів, які використовують інформаційну технологію прийняття рішень в умовах адаптивного навчання.

Сформовано інтелектуальне середовище підготовки студентів технічних напрямів за допомогою тестових завдань адаптованого рівня складності. За допомогою використання індивідуального підходу до визначення рівня складності підвищено ефективність рівня засвоєння навчальних матеріалів, покращено рівень самостійного вивчення студентами навчальних дисциплін.

Сформовано інтегроване навчальне середовище, запроваджене при підготовці бакалаврів і магістрів декількох напрямів, пов'язаних з інформаційними технологіями. Запропоновані рішення показали свою життєздатність, а сформоване на їх основі освітнє середовище – привабливість для студентів та позитивний вплив на загальну ефективність процесу підготовки фахівців технічного напрямку.

Застосування мультиагентних та сервісно-орієнтованих підходів у процесі формування системи освітнього середовища технічного університету забезпечують зручність впровадження методів штучного інтелекту у сфері електронного навчання та розвитку компетентнісної технічної освіти.

Особливості формування адаптивного контенту в електронних навчальних системах полягають у використанні агентно-орієнтованого підходу та розробки сценаріїв й алгоритмів дій для інтелектуальних програмних агентів, які працюють відповідно до визначених цілей навчання та поведінки здобувачів під час навчання.

Ключові слова: адаптивний контент, агентно-орієнтований підхід, інтелектуальний агент, електронна система управління навчанням, індивідуальна освітня траєкторія, адаптивна система навчання.

PALAMARCHUK YEVHEN, SHCHYROV OLEKSANDR

Vinnytsia National Technical University

## FORMATION OF ADAPTIVE CONTENT IN ELECTRONIC EDUCATIONAL SYSTEMS

The article explores the issue of adaptive educational content formation in modern electronic learning management systems. The approach analyzed allows for electronic content to adapt to a student's needs and formatting abilities, resulting in an improved learning trajectory and increased efficiency in obtaining final results. To achieve this, an agent-oriented approach using artificial intelligence is proposed to study the characteristics of the student and form individual educational content. The article also describes an approach to forming learning process control systems based on multi-agent technology. The system's decisions are a set of aggregate decisions of intelligent reflex agents that use information decision-making technology in adaptive learning conditions.

An intellectual environment for training students of technical fields was formed with the help of test tasks of an adapted level of difficulty. By using an individual approach to determining the level of difficulty, the efficiency of learning materials was increased, and the level of independent study of students in academic disciplines was improved.

An integrated learning environment was formed and implemented in the training of bachelors and masters in several areas related to information technology. The proposed solutions have shown their viability, and the educational environment formed on their basis has proved to be attractive to students and has a positive impact on the overall efficiency of the process of training technical specialists.

The application of multi-agent and service-oriented approaches in the process of forming the system of educational environment of a technical university ensures the convenience of implementing artificial intelligence methods in the field of e-learning and the development of competence-based technical education.

The peculiarities of forming adaptive content in e-learning systems are the use of an agent-based approach and the development of scenarios and action algorithms for intelligent software agents that work in accordance with the defined learning objectives and the behavior of students during training.

Keywords: adaptive content, agent-oriented approach, intelligent agent, electronic learning management system, individual educational trajectory, adaptive learning system.

### Вступ

Пріоритетним напрямком для сучасного суспільства є вдосконалення існуючої системи підготовки професійних кадрів. При цьому велике значення надається персоналізації навчального процесу, можливості реалізації індивідуальної освітньої траєкторії, яка в результаті дає змогу розкрити потенціал кожного

студента, врахувавши його особистісні характеристики та потреби. Основною задачею для університетів залишається необхідність модифікувати та інтенсифікувати навчальний процес, сформувавши індивідуальний підхід [1] до студентів. В умовах змішаного та дистанційного навчання для реалізації принципів компетентнісного підходу до навчання виникає потреба в створенні індивідуальної траєкторії вивчення дисциплін студентом, яка може бути сформована за допомогою адаптивного контенту. Ефективна адаптація контенту можлива за допомогою інтелектуальних агентів. Адаптивний контент формується на основі індивідуального підходу до користувача електронних навчальних систем, створює широкі можливості для варіювання освітньої траєкторії і є одним з дієвих методів впровадження елементів штучного інтелекту в процес управління навчанням. Даний підхід [2] надасть можливість поєднання передового досвіду в управлінні освітніми процесами. Поєднання сучасних педагогічних методик та науково-технічних розробок в сфері інформаційних технологій в освіті, штучного інтелекту дозволить сформувати адаптоване до окремого користувача електронне освітнє інформаційне середовище. Відомі агентно-орієнтовані методи створення архітектури інформаційного середовища є основою для технічної реалізації мережевого освітнього простору [3].

#### Актуальність

Поняття адаптивності в навчанні пов'язане з формуванням умов для організації освітнього процесу відповідно до мотивації та потреб здобувачів освіти в різні моменти навчання. В електронній освіті такі потреби можуть бути визначені за допомогою спеціальних систем моніторингу діяльності користувачів. Існуючі навчальні системи не підтримують достатньою мірою необхідний під час навчання діалог «викладач-студент», що знижує якість та оперативність процесу навчання. Можливість формування адаптивного контенту [4] з застосуванням агентно-орієнтованого підходу в електронних навчальних системах забезпечить синхронний режим роботи та індивідуальний підхід для кожного студента, що в перспективі підвищить рівень отриманих результатів та засвоєння знань.

#### Мета

Метою даного дослідження, є розробка, впровадження та апробація в навчальний процес інтелектуальної агентно-орієнтованої навчальної системи адаптації навчального контенту. Передбачається, що це дозволить застосування методів і відповідних ним технічним сервісів, за допомогою яких буде сформований персональний освітній простір.

#### Аналіз існуючих рішень

Поняття індивідуальної освітньої траєкторії розглядалось у працях Носенка Ю.Г. [5]. Аналізуючи існуючі дослідження, авторами [6] було розроблено порівняльну характеристику традиційної та адаптивної систем навчання, зміст якої представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

#### Характеристика традиційної та адаптивної систем навчання

Традиційна система навчання	Адаптивна система навчання
Нерегулярне відслідковування результатів навчання	Систематичний контроль результатів навчання
Спрямованість на заучування матеріалу	Спрямованість на засвоєння матеріалу
Навчання на основі припущень	Навчання на основі фактів
Фіксація виконання завдань	Фіксація правильності виконання завдань
Відслідковування витраченого часу на виконання завдань, результатів тестувань	Відслідковування успішності виконання завдань, прогресу студента

Для електронної освіти, як нової форми цифрового навчання, необхідно підібрати відповідні моделі, орієнтовані на особливості та потреби інформаційного суспільства. Зокрема, необхідний перехід від традиційної моделі навчання до адаптивної, в якій провідну роль відіграватимуть електронні системи навчання, в яких функції викладача змістяться в напрямку координації процесу навчання, що в перспективі приведе до заощадження вільного часу студента та системного підбору індивідуальної освітньої траєкторії для здобувачів вищої освіти. Одним з адаптивних систем навчання дослідники [4,7] виділяють агентно-орієнтований підхід, який є новою парадигмою створення та опису програмного забезпечення. На думку вчених, агентно-орієнтований підхід багато в чому продовжує і наслідує методи об'єктно-орієнтованого підходу. Проведемо порівняльний аналіз між агентно-орієнтованими та об'єктно-орієнтованими підходами. Основна ідея переходу від об'єктно-орієнтованого підходу до агентно-орієнтованого полягає в описі програмної системи, не з точки зору набору пасивних об'єктів, як в об'єктно-орієнтованому підході, а як спільноти активних, автономних утворень. У агентно-орієнтованому підході не існує явного центрального потоку управління, який повинен бути повністю розроблений проєктувальником, натомість управління та процес роботи програми визначається взаємодією агентів, а проєктувальних системи визначає лише початковий стан та початкові цілі системи.

#### Задачі дослідження

Основними задачами дослідження є формування концепції адаптивного навчання; архітектури освітнього середовища на основі агентно-орієнтованого підходу; розробки системи формування рівня складності тестового контенту відповідно до особистісних та компетентнісних характеристик користувача.

### Розв'язання задач

Реалізація індивідуальної освітньої траєкторії тісно пов'язана з концепцією адаптивного навчання. Під адаптивним навчанням розуміють «сукупність психологічних, дидактичних і педагогічних методів, які враховують поведінку і стан людини в процесі навчання». Важливим аспектом адаптивного навчання є підхід, який використовується для створення гнучкої освітньої траєкторії.

Концепція адаптивного навчання ґрунтується на системі послідовних принципів:

1. оцінювання сильних і слабких сторін студента;
2. врахування досвіду та потреб студента;
3. підбір на основі отриманих результатів унікального стилю навчання для студента.

Персоналізація в реальному часі дозволяє не лише побудувати освітню траєкторію, але і надає можливість переналаштувати її за короткий проміжок часу з урахуванням особистого темпу навчання студента. У випадку, якщо студент показує низький рівень розуміння конкретного блоку знань, то траєкторія коригується в бік більш простих блоків.

Елементи запропонованої концепції запроваджені в системі JetIQ [8]. Однак залишається ще багато невирішених питань, які виникають у процесі створення, розвитку та експлуатації інтелектуального навчального середовища в технічному університеті.

Існуюча практика та результати досліджень в університеті показали, що комунікація в системі забезпечується у вигляді структурованого обміну повідомленнями [9]. Наприклад, обмін інформації між агентами можуть забезпечувати спеціальні типи повідомлень, які змінюють контент та формують спеціальні траєкторії навчання відповідно до результатів моніторингу дій користувача та взаємодії програмних агентів. Моніторинг дій студента дозволяє стверджувати, що здобувач виконав всі завдання достроково і має час на більш складні завдання. Аналіз отриманих результатів опитування дозволяє сформулювати дані предметної області, якою цікавиться студент і запропонувати йому додаткові завдання з цього напрямку. Крім того, такий контент також містить мотивуючу інформацію про додаткові бали і можливість підвищення професійних компетенцій за результатами виконаних завдань. І навпаки, якщо здобувач не виконує завдання, система моніторингу повідомляє про це йому та викладачеві і пропонує варіанти виконання завдань за той час, що залишився.

Агентами адаптованої освітньої системи є користувачі, сервіси, що формують та надають контент, керуючі модулі системи [10]. Агентами можуть бути і технічні системи, програмні комплекси, адміністратори, викладачі та студенти. Кожен агент має свою модель поведінки, яка фіксує дії, запити до інформації, взаємодії з іншими агентами.

Агенти, які є програмними модулями, працюють за реалізованими алгоритмами. Інтелектуальні агенти містять елементи штучного інтелекту, виконують аналітичні функції та виробляють нові знання і представляють їх у вигляді адаптивного контенту. Складні задачі вирішуються декількома агентами на основі мультиагентного підходу [11]. Такий підхід передбачає реалізацію взаємодії агентів та формування адаптивного контенту за результатами такої взаємодії.

Дії агентів відповідають визначеним цілям:

1. виконання обов'язкових завдань;
2. виконання додаткових завдань;
3. ознайомлення зі всіма видами навчального контенту (від методичних вказівок до спеціальних відео матеріалів);
4. виконання тестових завдань;
5. виконання практичних курсових робіт відповідно до потреб ІТ-компаній;
6. виконання передачі інформації від одного агента до іншого: пропозиція напрямку дії, згода або відмова.

Для формування адаптивного контенту в системах управління навчанням необхідно сформулювати сценарії координації та взаємодії агентів між собою. Для повноцінної системи агент повинен підтримувати моделі інших агентів та розробляти моделі майбутніх взаємодій.

Вироблення та прийняття рішень у мультиагентних системах здійснюється в умовах невизначеності і саме тому ґрунтується на різноманітних навчальних алгоритмах. Рішення, які потребують колективних зусиль від агентів, досягаються через планування розподілу робіт між агентами. Послідовності в реалізації задач досягаються механізмом планування або побудовою сценарію поведінки агентів [12].

Навчальна система на основі мультиагентного підходу будується з інтелектуальних рефлекторних агентів, які є завершеними автономними системами, що містять усі функціональні вузли інтелектуальної системи та обмінюються між собою знаннями в зовнішньому вигляді. Зазвичай логічний висновок відбувається всередині кожного агента внутрішньої бази знань, а обмін проводиться лише при застосуванні статичних знань. Кооперуючі агенти, взаємодіючи між собою, функціонують у різних програмних модулях та програмах. Серед них виділяють мобільні агенти, які реально переміщують свій код на віддалене сховище інформації.

Модель навчальної системи на основі мультиагентного підходу включає: бази знань, клієнтів та систему, що складається з програмного інтерфейсу та інтелектуальних агентів. Центральною ланкою навчальної системи є основи знань, які виступають стосовно інших компонентів як змістовна підсистема, що становить основну цінність.

Принцип навчальної системи на основі мультиагентних технологій полягає у специфічному компонуванні агентів та їх взаємодії. Безпосередньо інтелектуальний агент будується з наступних компонентів [13]:

- рецепторів агента, які відповідають за отримання агентом повідомлень від середовища та інших агентів;
- бази знань агента, яка служить для зберігання всіх без винятку знань, отриманих у процесі життя агента. Вона складається з бази моделей агентів, бази знань про завдання, що вирішується, бази знань власного «досвіду»;
- планувальника задач, який відповідає за планування діяльності агентів з розв'язання задач та повинен балансувати діяльність агента між побудовою планів розв'язання задач в умовах, що змінюються, і безпосереднім виконанням намічених планів;
- ефекторів агента, що є засобом посилення сигналів в середовище та обміном повідомлень з іншими агентами.

Основними завданнями агента студента є: одержання, обробка та передача запитів агента здобувача у процесі проходження тесту; отримання, обробка та передача запитів викладача про засвоєння навчального матеріалу від студента; доповнення бази знань новою інформацією.

Основними завданнями агента тестування [14] є: одержання, обробка та передача запитів агента користувача на завдання для вирішення; отримання та передача запитів на вирішення від агента бази знань – агенту користувачу; отримання, обробка та передача ймовірного рішення від агента користувача – агенту бази знань; отримання, обробка та передача результатів перевірки рішення від агента бази знань – агенту користувача.

Основними завданнями агента викладача є: одержання, перетворення та передача запиту на одержання завдання для вирішення студентом; отримання, обробка та передача ймовірного рішення або його частини; отримання, обробка та передача результату рішення; отримання, обробка та передача запиту про результати роботи студента.

Основними завданнями агента бази знань є: прийом, перетворення та передача запиту на отримання теоретичного матеріалу; прийом, обробка та передача теоретичного матеріалу; отримання, перетворення та передача запиту результатів роботи користувача; отримання, перетворення та передача результатів роботи користувача; отримання запиту на перевірку рішення та передачу результатів рішення.

Аналізуючи компоненти структури агента [15], слід визначити, що вони виконують функції системного інтелекту, спираючись на рівень сервісів, забезпечуючи всі необхідні базові функції навчального комплексу.

Рівень агентів є центральним аспектом в структурі будь-якого агентно-орієнтованого навчального підходу. Тому в електронній навчальній системі всі інтелектуальні функції реалізовані як відповідні агенти (рис.1).

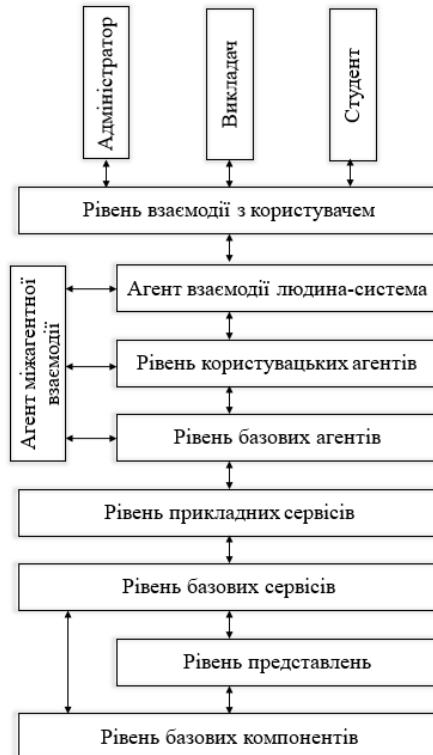


Рисунок 1 – Архітектура агентно-орієнтованої навчальної системи

Через велику різноманітність інтелектуальних агентів у структурі навчального середовища неможливо буде обмежити один попередньо визначений тип моделі і одну з структур інтелектуальних

агентів. Тому доцільно використовувати гібридну структуру агентів і реалізувати ієрархічну модель їх взаємодії. Відповідно, авторами був визначений окремий координуючий агент для розподілу вирішення завдань агентами та міжагентною взаємодією, що забезпечує сумісність форматів повідомлень між агентами. Координуючі агенти також можуть бути присутніми в кожній структурі інтелектуальних агентів, ці агенти діють як брокери між агентами, що вимагають певних ресурсів, якими володіють інші агенти, і тими агентами, які ці ресурси можуть надати.

У гібридній агентно-орієнтованій структурі автори визначили [16] три рівня агентів:

- рівень взаємодії людини з електронною навчальною системою, що відповідає за надання інформації користувачам (студентам і викладачам) і за взаємодію з кожним конкретним користувачем для його максимальної зручності, незалежно від того, який клієнт (браузер, мобільний клієнт, інший клієнт) він використовує для з'єднання з електронною навчальною системою;

- рівень агентів користувачів, кожен з яких реалізує логіку взаємодії з користувачем залежно від його ролі в структурі. Кожен з цих агентів може розглядатися як індивідуальний помічник для конкретного користувача;

- рівень базових агентів, які несуть основне навантаження в системі, що надає можливості для паралельного і самостійного перебігу двох основних процесів, що працюють на одному загальному результаті, а саме - у адаптивному навчанні студентів та управлінні теоретичними матеріалами (створення і модифікація навчальних курсів, аналіз якості навчання тощо).

Агент взаємодії між людиною і системою бере на себе всі функції взаємодії програмних моделей з різними клієнтами, корегує управління процесами підключення нових типів клієнтів і оновлює клієнтські програми, що постійно змінюються. Завдяки наявності даного агента вся основна частина електронної системи інваріантна по відношенню до типу клієнта.

Агенти, призначені для реалізації моделей адаптивного навчання [17], відносяться до групи базових агентів [18], які не взаємодіють із користувачами (викладачами та студентами) безпосередньо, але приймають запити від їх агентів та надають їм усі необхідні ресурси, виконуючи при цьому інтелектуальну підтримку процесу адаптивного навчання (рис.2). Вони безпосередньо взаємодіють (через рівні сервісів) з інформаційними базами, витягуючи з них всю інформацію, необхідну для прийняття рішення враховуючи стратегії та тактики вивчення дисциплін з урахуванням індивідуальної траєкторії навчання студента.

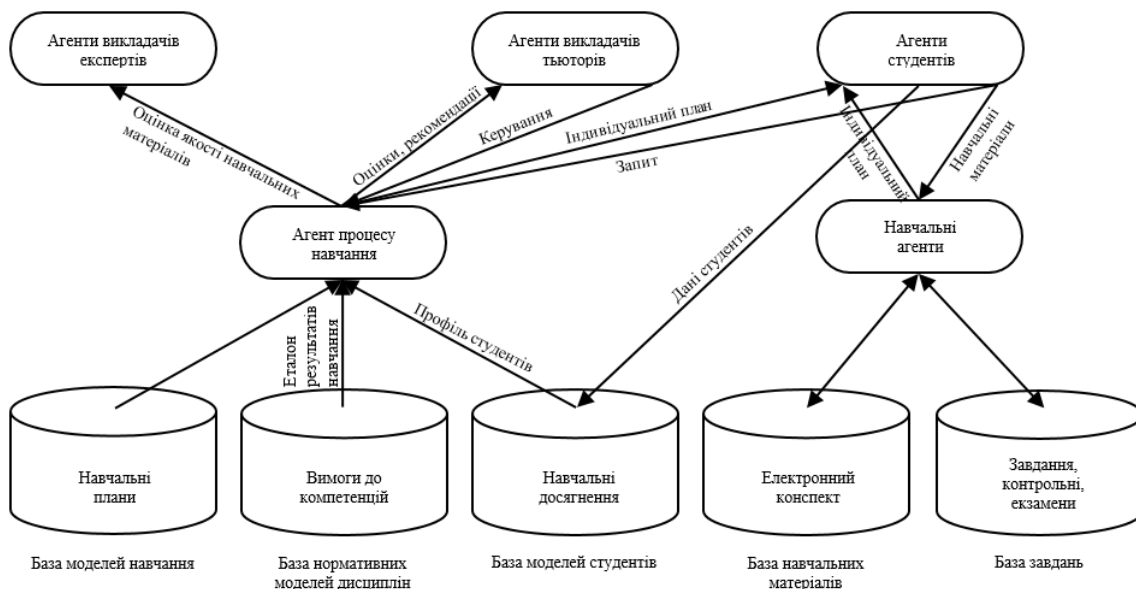


Рисунок 2 – Схема агентної взаємодії в процесі адаптивного навчання

Запропонована модель взаємодії є основною для системи адаптації контенту та була використана для практичної реалізації визначення рівня складності тестового контенту

**Результати досліджень**

Експериментальні дослідження запропонованої архітектури агентно-орієнтованої навчальної системи проводилися для ІТ-напрямоків Вінницького національного технічного університету. За умовами експерименту розподіл навчальних матеріалів здійснювався за різними рівнями складності. Такі рівні були визначені відповідно до позитивних оцінок (відмінно, добре, задовільно) - простий, середній, складний.

Рівень складності визначається за такими критеріями:

1. обсяг навчальних матеріалів;
2. вибір студентом рівня складності практичних завдань;
3. зміст навчальних матеріалів;
4. ускладнення тестових завдань на основі попереднього тестового контролю.

Експеримент проводився в рамках фахових дисциплін кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій. У експерименті взяли участь студенти факультету інтелектуальних

інформаційних технологій та автоматизації. Здобувачам пропонувалися до вивчення навчальні матеріали приблизно однакового об'єму. Розмежування за рівнем складності здійснювалося за допомогою зміни обсягу інформації, що міститься в навчальних матеріалах. Перед експериментом студентам було запропоновано вибір рівня складності з урахуванням особистісних та компетентнісних характеристик, необхідних для засвоєння теоретичного матеріалу з дисципліни.

За результатами тестування для кожного студента було автоматично визначено необхідний рівень складності навчальних матеріалів. Даний експеримент включав у себе два етапи. На першому етапі всім студентам було запропоновано навчальний матеріал однакового (середнього) рівня складності - для визначення відповідного рівня студентів. На другому етапі студенти отримали матеріали відповідно до рівня складності, який був визначений для кожного. Ефективність адаптивної системи навчання оцінювалася як відсоткова різниця в засвоєнні навчальних матеріалів між другим і першим етапами експерименту за результатами тестування

В результаті проведеного аналізу було відкореговано механізм визначення рівня тестових завдань, а самі тести були частково змінені за змістом. В результаті запровадження агентно-орієнтованої навчальної системи було відзначено підвищення рівня засвоєння навчальних матеріалів студентами.

### Висновки

В результаті проведених досліджень на основі використання адаптивного контенту з застосуванням агентно-орієнтованого підходу було сформовано інтелектуальне середовище підготовки студентів технічних напрямів за допомогою тестових завдань адаптованого рівня складності. Це дозволило підвищити ефективність рівня засвоєння навчальних матеріалів. Крім того, індивідуальний підхід до визначення рівня складності дозволяє покращити рівень самостійного вивчення студентами навчальних дисциплін.

Запропонований підхід апробований в навчальному процесі Вінницького національного технічного університету. Результати апробації свідчать про доцільність реалізації багаторівневої системи використання інтелектуального адаптивного контенту з застосуванням агентно-орієнтованого навчального підходу.

Сформовано інтегроване навчальне середовище, запроваджене при підготовці бакалаврів і магістрів декількох напрямів, пов'язаних з інформаційними технологіями. Запропоновані рішення показали свою життєздатність, а сформоване на їх основі освітнє середовище – привабливість для студентів та позитивний вплив на загальну ефективність процесу підготовки фахівців технічного напрямку. Це підтверджують не тільки результати педагогічної діагностики, а й опитування роботодавців, які останнім часом проявляють жвавий зростаючий інтерес до процесу і результатів навчання ІТ-фахівців в університеті.

Застосування мультиагентних та сервісно-орієнтованих підходів у процесі формування системи освітнього середовища технічного університету забезпечують зручність впровадження методів штучного інтелекту у сфері електронного навчання та розвиток компетентнісної технічної освіти.

Гнучке, відкрите та масштабоване інтелектуальне освітнє середовище є відкритим та постійно доповнюється новим навчальним контентом.

Особливості формування адаптивного контенту в електронних навчальних системах полягають у використанні агентно-орієнтованого підходу та розробки сценаріїв й алгоритмів дій для інтелектуальних програмних агентів, які працюють відповідно до визначених цілей навчання та поведінки здобувачів під час навчання.

В планах подальших досліджень – розвиток механізмів адаптації контенту, впровадження методів штучного інтелекту у сфері електронних навчальних систем, забезпечуючи повну підтримку в підготовці технічних спеціалістів.

### Література

1. Stefan Oppl, Florian Reisinger, Alexander Eckmaier & Christoph Helm. A flexible online platform for computerized adaptive testing. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* volume 14, Article number: 2 (2017).
2. Лозинський А. Я., Теслюк В. М., Зелінський А. Я., Нарушинська О. О. (2017). Аналіз сучасного стану мультиагентних систем. *Моделювання та інформаційні технології*, 81, 156–166.
3. A. Fedonyuk, V. Yunchyk, I. Mukutuyk, O. Duda and S. Yatsyuk “Application of the hierarchy analysis method for the choice of the computer mathematics system for the IT sphere specialist’s preparation” *Journal of Physics: Conference Series* in press. Volume 1840 (2021).
4. V. Yunchyk and A. Fedonyuk “Comparative characteristics of the functional possibilities of the computer mathematics systems in the process for solving tasks” *Herald of the National University Lviv Polytechnic Information systems and networks* 6 90-103, 2019.
5. Носенко Ю. Г. Адаптивні системи навчання: сутність, характеристика, стан використання у вітчизняних закладах педагогічної освіти. *Фізико-математична освіта*. 2018. Випуск 3(17).С.73-78.
6. Lytvyn V., Vysotska V., Pukach P., Vovk D. “Method of functioning of intelligent agents, designed to solve action planning problems based on ontological approach”, *Eastern European Journal of Enterprise Technologies* vol. 3, no. 2, pp. 11-17, 2017.
6. Aseere, Ali, Gerding, Enrico and Millard, David. A Voting-Based Agent System for Course Selection

in E-Learning. At IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology, Canada. 31 Aug – 03 Sep 2010. P. 303–310.

7. Щи́ров О. С. Особливості формування адаптивного контенту в електронних навчальних системах [Текст] / О. С. Щи́ров, Є. А. Паламарчук, О. О. Коваленко // Матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології і автоматизація", Одеса, 20-21 жовтня 2022 р. – 2022. – С. 127-129.

8. Щи́ров О. С., Паламарчук Є. А. Застосування агентно-орієнтованого підходу в електронних навчальних системах. // Current challenges of science and education. II Міжнародна науково-практична конференція. MDPC Publishing. Берлін, Німеччина. 2023. С. 157-161.

9. Palamarchuk Y. A. Methods of building microservice architecture of e-learning systems [Text] / Y. A. Palamarchuk // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2022. – № 1. – С. 43-54.

10. Паламарчук Є. А. Архітектура електронних навчальних систем [Текст] / Є. А. Паламарчук // Оптикоелектронні інформаційно-енергетичні технології. – 2020. – № 1. – С. 78-92.

11. Roy U., Roy S., Nayek S. Optimization with quantum genetic algorithm. International Journal of Computer Applications. UK, 2014. Vol. 102, No. 16. P.1–7.

12. Perlovsky L.I. Mathematical Models. Theories of Learning. Seel N.M. (eds) Encyclopedia of the Sciences of Learning. Springer, Boston, MA, 2012.

13. Ennouamani S., Mahani Z. An overview of adaptive e-learning systems. Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS): papers from VIII international conference. (Cairo, Egypt, 5-7 Dec. 2017). Cairo, Egypt, 2018. P. 342–347.

14. Rovai A. P. and Downey J. R. Why some distance education programs fail while others succeed in a global environment. Frontiers of distance learning in business education, 2013. no. 13. P. 24-45.

15. Simian D., Stoica L., eds. From Digital Learning Resources to Adaptive Learning Objects: An Overview. MDIS 2019, CCIS 1126: papers from 6-th International Conference. Switzerland, 2020. P. 18-32.

16. Chantal R., Danielle L., and Jennifer C., Applying Best Practice Online Learning, Teaching, and Support to Intensive Online Environments: An Integrative Review / Frontiers in Education. Nov, 2017. no. 2.

17. E. L. Deci та R. M. Ryan, "Optimizing students' motivation in the era of testing and pressure: A self-determination theory perspective", Building Autonomous Learners, c. 9–29, 2016.

## References

1. Stefan Oppl, Florian Reisinger, Alexander Eckmaier & Christoph Helm. A flexible online platform for computerized adaptive testing. International Journal of Educational Technology in Higher Education volume 14, Article number: 2 (2017).

2. Lozynskyi A. Ya., Tesliuk V. M., Zelinskyi A. Ya., Narushynska O. O. (2017). Analiz suchasnoho stanu multyahentnykh system. Modeliuvannya ta informatsiini tekhnolohii, 81, 156–166 [in Ukrainian].

a. Fedonyuk, V. Yunchyk, I. Mukutyk, O. Duda and S. Yatsyuk "Application of the hierarchy analysis method for the choice of the computer mathematics system for the IT sphere specialist's preparation" Journal of Physics: Conference Series in press. Volume 1840 (2021).

3. V. Yunchyk and A. Fedonyuk "Comparative characteristics of the functional possibilities of the computer mathematics systems in the process for solving tasks" Herald of the National University Lviv Polytechnic Information systems and networks 6 90-103, 2019.

4. Nosenko Yu. H. Adaptivni systemy navchannia: sutnist, kharakterystyka, stan vykorystannia u vi-tchyznianskykh zakladakh pedahohichnoi osvity. Fizyko-matematychna osvita. 2018. Vypusk 3(17). S. 73-78.

5. Lytvyn V., Vysotska V., Pukach P., Vovk D. "Method of functioning of intelligent agents, designed to solve action planning problems based on ontological approach", Eastern European Journal of Enterprise Technologies vol. 3, no. 2, pp. 11-17, 2017.

6. Aseere, Ali, Gerding, Enrico and Millard, David. A Voting-Based Agent System for Course Selection in E-Learning. At IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology, Canada. 31 Aug – 03 Sep 2010. P. 303–310.

7. Shchyrov O. S. Osoblyvosti formuvannya adaptivnoho kontentu v elektronnykh navchalnykh systemakh [Текст] / О. С. Shchyrov, Ye. A. Palamarchuk, O. O. Kovalenko // Materialy XV mizhnarodnoi na-ukovo-praktychnoi konferentsii "Informatsiini tekhnolohii i avtomatyzatsiia", Odessa, 20-21 zhovtnia 2022 r. – 2022. – S. 127-129.

8. Shchyrov O. S., Palamarchuk Ye. A. Zastosuvannya ahentno-orientovanoho pidkhodu v elektronnykh navchalnykh systemakh. // Current challenges of science and education. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2023. Pp. 157-161.

9. Palamarchuk Y. A. Methods of building microservice architecture of e-learning systems [Text] / Y. A. Palamarchuk // Information technologies and computer engineering. – 2022. – № 1. – Pp. 43-54.

10. Palamarchuk Y. A. Architecture of electronic educational systems [Текст] / Palamarchuk Y. A // Optoelectronic information and energy technologies. – 2020. – № 1. – С. 78-92.

11. Roy U., Roy S., Nayek S. Optimization with quantum genetic algorithm. International Journal of Computer Applications. UK, 2014. Vol. 102, No. 16. P.1–7.

12. Perlovsky L.I. Mathematical Models. Theories of Learning. Seel N.M. (eds) Encyclopedia of the Sciences of Learning. Springer, Boston, MA, 2012.

13. Ennouamani S., Mahani Z. An overview of adaptive e-learning systems. Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS): papers from VIII international conference. (Cairo, Egypt, 5-7 Dec. 2017). Cairo, Egypt, 2018. P. 342–347.

14. Rovai A. P. and Downey J. R. Why some distance education programs fail while others succeed in a global environment. Frontiers of distance learning in business education, 2013. no. 13. P. 24-45.

15. Simian D., Stoica L., eds. From Digital Learning Resources to Adaptive Learning Objects: An Overview. MDIS 2019, CCIS 1126: papers from 6-th International Conference. Switzerland, 2020. P. 18-32.

16. Chantal R., Danielle L., and Jennifer C., Applying Best Practice Online Learning, Teaching, and Support to Intensive Online Environments: An Integrative Review / Frontiers in Education. Nov, 2017. no. 2.

17. E. L. Deci та R. M. Ryan, "Optimizing students' motivation in the era of testing and pressure: A self-determination theory perspective", Building Autonomous Learners, c. 9–29, 2016.