

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ В АДАПТИВНІЙ СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ

**Круглик В. С.**

*доктор педагогічних наук,  
професор кафедри інформатики і кібернетики  
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького  
вул. Гетьманська, 20, Мелітополь, Запорізька область, Україна  
[orcid.org/0000-0002-5196-7241](https://orcid.org/0000-0002-5196-7241)  
[kryglikvlad@gmail.com](mailto:kryglikvlad@gmail.com)*

**Прокоф'єв Є. Г.**

*кандидат педагогічних наук,  
старший викладач кафедри психології і педагогіки  
Національний університет фізичного виховання і спорту України  
вул. Фізкультури, 1, Київ, Україна  
[orcid.org/0000-0001-6524-1663](https://orcid.org/0000-0001-6524-1663)  
[prokofiev@mdpu.org.ua](mailto:prokofiev@mdpu.org.ua)*

**Маринов А. В.**

*аспірант кафедри інформатики і кібернетики  
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького  
вул. Гетьманська, 20, Мелітополь, Запорізька область, Україна  
[orcid.org/0000-0002-7421-0487](https://orcid.org/0000-0002-7421-0487)  
[marinovanton98@gmail.com](mailto:marinovanton98@gmail.com)*

### **Ключові слова:**

*інтелектуальні агенти,  
адаптивна система  
електронного навчання,  
інтелектуальні системи,  
моделювання користувачів,  
тьюторське моделювання,  
система керування  
навчальним контентом,  
Moodle.*

Еволюція web-технологій зробила електронне навчання популярним звичайним способом викладання та навчання на всіх рівнях загальної та професійної освіти. У статті представлено орієнтований на освіту підхід до створення персоналізованого середовища електронного навчання, яке зосереджується на тому, щоб поставити потреби учнів у центр процесу розвитку, акцентувати увагу на визначенні когнітивних стилів здобувачів та подальшому забезпеченні їхніх потреб відповідним освітнім забезпеченням, методами роботи та методами подання інформації. Запропонована адаптивна архітектура на основі агентів розширює платформу Moodle шляхом упровадження низки модулів, щоб підтримувати навчальні рішення й адаптивну поведінку. У статті проведено глибинний аналіз педагогічних та інформаційних засад використання інтелектуальних агентів в адаптивних системах електронного навчання з метою створення структури адаптивної системи електронного навчання з використанням інтелектуальних агентів. Авторами описано характеристики, функції та взаємодії агентів, які беруть участь у кожному модулі адаптивної архітектури, а також характеристики, функції та взаємодії інтелектуального агента для ухвалення навчальних рішень. За словами авторів, головною метою цього агента є збір інформації, створеної іншими агентами, та забезпечення найкращої персоналізованої підтримки кінцевих користувачів, викладачів та студентів, з урахуванням їхнього ставлення до навчального середовища. Для досягнення мети авторами було реалізовано комбінацію інтелектуальних агентів, сформульовано й описано рішення на основі традиційної LMS із відкритим вихідним кодом і запропоновано модернізувати її можливості з акцентом на адаптацію та персоналізацію. Науковці наголошують, що ці аспекти можна покращити у майбутньому включенням інтелектуальних компонентів, забезпечуючи таким чином персоналізований процес викладання та навчання.

## ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF USING INTELLECTUAL AGENTS IN THE ADAPTIVE SYSTEM OF E-LEARNING

**Kruglik V. S.**

*Doctor of Pedagogical Sciences,  
Professor at the Department of Informatics and Cybernetics  
Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University  
Hetmanska str., 20, Melitopol, Zaporizhzhia region, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-5196-7241  
kryglikvlad@gmail.com*

**Prokofiev E. G.**

*Candidate of Pedagogical Sciences,  
Senior Lecturer at the Department of Psychology and Pedagogy  
National University of Ukraine on Physical Education and Sport  
Physical Education str., 1, Kyiv, Ukraine  
orcid.org/0000-0001-6524-1663  
prokofiev@mdpu.org.ua*

**Marinov A. V.**

*Postraduate Student at the Department of Informatics and Cybernetics  
Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University  
Hetmanska str., 20, Melitopol, Zaporizhzhia region, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-7421-0487  
marinovanton98@gmail.com*

**Key words:** *intelligent agents, adaptive e-learning system, intelligent systems, user modeling, tutoring modeling, educational content management system, Moodle.*

The evolution of web technologies has made e-learning a popular way of teaching and learning at all levels of general and vocational education. This paper presents an education-oriented approach to creating a personalized e-learning environment that focuses on putting students' needs at the center of the development process, focusing on identifying students' cognitive styles and meeting their needs with appropriate education, work methods, and presentation methods. information. The proposed adaptive agent-based architecture extends the Moodle platform by implementing a number of modules to support learning decisions and adaptive behavior. The article provides an in-depth analysis of pedagogical and informational principles of using intelligent agents in adaptive e-learning systems in order to create a structure of adaptive e-learning system using intelligent agents. The authors describe the characteristics, functions and interactions of the agents involved in each module of the adaptive architecture, as well as the characteristics, functions and interactions of the intelligent agent for decision making. According to the authors, the main purpose of this agent is to gather information created by other agents and provide the best personalized support to end users, teachers and students, taking into account their attitude to the learning environment. To achieve this goal, the authors implemented a combination of intelligent agents, formulated and described solutions based on the traditional open source LMS, and proposed to modernize its capabilities with an emphasis on adaptation and personalization. Researchers emphasize that these aspects can be improved in the future by including intellectual components, thus providing a personalized teaching and learning process, which in turn will have a positive impact on the overall level of quality of education.

**Постановка проблеми.** Концепція інтелектуального агента є одним із найбільш важливих понять, які виникли в області комп'ютерів із 1990 р. Технологія інтелектуального агента заснована на вищому рівні взаємодії людини та комп'ютера. Однією з основних характеристик, які відрізняють інтелектуальних агентів від звичайної програми, є обов'язкова вимога автономності [1], що повною мірою відповідає сучасним тенденціям розвитку інформаційних систем і освітнього інформаційного забезпечення безпосередньо. У результаті проведеного аналізу наукової літератури, яка розкриває наукові дослідження у вибраній нами галузі, можемо зазначити, що нині існує велика кількість наукових розробок, які вивчають питання підвищення якості інтелектуальних агентів [2–6] та процесів їх використання у продажах і управлінні [7–14], однак ці дослідження вирізняються дуже обмеженими рамками та не охоплюють педагогічні аспекти використання інтелектуальних агентів. Що й актуалізує дослідження, спрямовані на розвиток можливостей інтелектуального агента, аналіз можливостей його впровадження в різні аспекти педагогічного процесу.

**Мета статті** – дослідження педагогічних та інформаційних засад використання інтелектуальних агентів в адаптивних системах електронного навчання з метою створення структури адаптивної системи електронного навчання з використанням інтелектуальних агентів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для логічності та наукової всеосяжності дослідження доцільним є проведення передусім аналізу визначень терміна «агент» у сучасних наукових працях.

Коли люди вживають термін «агент», вони найчастіше мають на увазі сутність, яка функціонує безперервно й автономно від діяльності людини в середовищі діяльності різних процесів та інших агентів [2].

Іншим прикладом визначення терміна «агент» в інформаційному просторі є апаратне забезпечення або програмна комп'ютерна система, яка має такі властивості: можливість агентів працювати без прямого втручання людей чи інших осіб, агенти мають певний контроль над своїми діями та внутрішнім станом (автономність); можливість взаємодії з іншими агентами за допомогою певної мови спілкування агентів (соціальна взаємодія); уміння сприйняття оточення і своєчасне реагування на зміни (реактивність); здатність агентів до виявлення цілеспрямованої поведінки, беручи ініціативу на себе (проактивність) [3]. Що підтверджує актуальність використання агентів як координаторів та «супроводжувачів» освітнього процесу.

Окремо можна відзначити два бачення терміна «агент» у сучасній науці й освіті:

1. Агент – це інкапсульована комп'ютерна система, здатна до гнучкої автономної дії в освітньому середовищі для досягнення цілей свого проектування [4].

2. Автономний агент – це системна частина середовища, яка отримує сигнали цього середовища та має можливість впливу на нього, дотримуючись визначеного порядку дій таким чином, щоб вплинути на майбутній результат [5].

Серед усіх визначень можна відзначити, що більшість фахівців згадують можливість взаємодії з навколишнім середовищем, виходячи із чого, ми можемо наголошувати на важливості, пріоритетності цього чинника. Більшість дослідників розглядають агентів переважно як сутності, що діють разом з іншими агентами, тому використовується парадигма мультиагентної системи (далі – MAS).

MAS – це сукупність автономних сутностей, які називаються агентами, які взаємодіють одне з одним і з навколишнім середовищем кооперативним або конкурентним способом для досягнення індивідуальних і групових цілей [6]. У розрізі нашого дослідження ми можемо відзначити, що основні переваги MAS такі: децентралізований контроль, надійність, проста розширюваність, досвід і спільні ресурси.

Мультиагентна система моделює інтерактивну систему за допомогою набору спеціалізованих агентів, які виробляють і реагують на існуючі в системі сигнали. У мультиагентній системі кожен агент теоретично діє незалежно від інших. Для повної специфікації системи мультиагентів необхідно визначити знання та внутрішню поведінку агентів, їхню взаємодію з іншими агентами, які співіснують у межах системи. Основна проблема, з якою стикається агент у своїй діяльності, полягає в тому, щоб вирішити, які дії треба здійснити для успішного досягнення цілей. На складність процесу ухвалення рішень впливають властивості середовища. Агент отримує стимули з навколишнього середовища і виробляє дії, що впливає на середовище. Взаємодія зазвичай безперервна.

Беручи до уваги такі особливості, як інтерактивність, автономія і здатність до навчання інтелектуальних агентів, їх визначають як цікавий підхід до реалізації розширення освітніх технологій у майбутньому. Сучасна система електронного навчання повинна надавати інформацію (згідно із запитом користувача) протягом розумного часу, зокрема й актуалізувати інформацію у процесі проведення робіт. Такі операції, як пошук інформації (що забирають багато часу) на певну тему, можна довірити компетентним агентам.

Виходячи із проведеного аналізу, ми визначимо інтелектуальних агентів для електронного

навчання як автономні програмні засоби корелювати з іншими програмними додатками і базами даних, що працюють у комп'ютерному середовищі. Основна функція інтелектуального агента для електронного навчання – це допомога користувачеві взаємодіяти з додатком, який призначений для вивчення освітньої області.

Відповідний опис концепції інтелектуального агента дається переліком функцій, які він повинен мати. У науковому співтоваристві немає єдиної думки щодо важливості різних особливостей агентів, однак ми можемо визначити деякі характеристики, які агент повинен мати, щоб його можна було назвати «інтелектуальним агентом»:

- здатність міркувати і вчитися (за високого рівня інтелекту агент повинен буде зрозуміти, чого хоче користувач, і спланувати необхідні засоби для досягнення мети);

- агент може реагувати на такі компоненти середовища, як: люди, обладнання, інші агенти та програмне забезпечення, що не належать до агентів;

- агенти мають бути здатні діяти без втручання людини або з боку інших систем і контролювати свою поведінку;

- агенти повинні постійно контролювати середовище, у якому вони розвиваються, і мати можливість своєчасно реагувати на його зміни;

- агенти взаємодіють з іншими агентами та людьми з допомогою співпраці, координації та переговорів [7];

- агент не лише реагує на зміни середовища, у якому він діє, він здатний проявляти цілеспрямовану поведінку, проявляти ініціативу;

- ступінь міграції агентів у Мережі має задовольняти всім вимогам до їхньої роботи.

Технологія, що лежить в основі інтелектуальних агентів, являє собою комбінацію методів штучного інтелекту та методології розробки систем. До такої методології можна віднести об'єктно орієнтоване програмування, що дозволяє програмам вчитися в навколишньому середовищі та реагувати на нього, оскільки інтелектуальні агенти взаємодіють із навколишнім середовищем з допомогою датчиків і ефекторів. Інтелектуальний агент повинен розробляти відповідні правила з допомогою чітких інструкцій, наданих користувачем, шляхом наслідування користувача, позитивного або негативного зворотного зв'язку (відповіді), отриманого від користувача, та інформації, отриманої під час взаємодії з іншими агентами. Наприклад, інтелектуальний агент для ухвалення навчальних рішень дозволяє візуалізувати адаптивний ефект, що генерується взаємодією компонентів [8].

Для визначення спектра можливостей упровадження інтелектуальних агентів в освітній процес проведемо аналіз сутності електронного й адаптивного навчання.

Як зазначається в роботах В.В. Осадчого [16], В.С. Круглика [15] та Д.О. Букресва [17], адаптивне навчання визначається як процес створення унікального досвіду навчання для кожного учня на основі особистості, інтересів та продуктивності учня для досягнення таких цілей, як академічне вдосконалення учня, задоволеність учнів, ефективний навчальний процес тощо. Уся ідея адаптивного навчання полягає в тому, що не існує стилю навчання, який би відповідав усім типам потреб учнів. У системах електронного навчання універсальний підхід призвів до плутанини учнів [9]. Адаптивному навчанню в цій сфері приділено велику увагу [10; 11], що привело до того, що протягом останнього десятиліття адаптивні системи електронного навчання зазнали значних змін [12].

Архітектура системи електронного навчання визначає різні способи передачі повідомлень, коли агенти взаємодіють із вебсервісами кожної системи. Одним із фундаментальних аспектів електронного навчання є контроль за діями користувачів, тобто адаптація їхніх уподобань та продуктивності. Системи електронного навчання, які враховують цю особливо важливу вимогу, є освітніми системами з архітектурою з подвійним агентом (рис. 1-А) або архітектурою з кількома агентами (рис. 1-Б).

Метою адаптивних систем електронного навчання є підвищення успішності студентів шляхом коригування змісту та методів взаємодії користувачів із різними інтересами, початковими знаннями та вміннями [15]. Існує чотири основні підходи для адаптації електронного навчання: акроадаптація, взаємодія здібностей і тренування, мікроадаптивна взаємодія та конструктивна співпраця. Тоді як перші три обмежуються змістом і самим навчанням, останній підхід інтегрує нові парадигми з погляду адаптації. Вирішуючи питання адаптивності електронного навчання, вибір альтернатив навчання ґрунтується на цілях навчання, навичках та досягненнях користувача у структурі навчальної програми. Хоча це адаптивна модель, вона обмежена невеликою кількістю функцій, які може розкрити користувач. Окрім того, функції користувача налаштовані таким чином, щоб у процесі навчання не відбувалося їх збільшення [13].

Застосування агентів у дослідженні адаптивного навчального процесу є дуже корисним, оскільки вони надають змогу розширення реальності здобувачів [15], які навчаються дистанційно, і моделюють людський бік навчання більш природним, ніж будь-який інший контрольований комп'ютерний підхід.

Однією з тенденцій адаптивізації навчання є інтерактивні системи викладання-навчання, а саме включення компонентів для генерування процесу викладання-навчання на основі уподо-

бань і потреб учнів. Адаптація до потреб учнів є проблемою в системах електронного навчання. Так, засобами полегшення навчання є дотримання таких чинників:

- учні вирішують реальні завдання;
- наявні знання активізуються як основа для нових знань;
- учням пропонується використати отримані знання для розв'язування завдань та інтеграції їх у повсякденну роботу.

Тобто здобуття знань і процес навчання необхідно посилити, щоб включити гнучкість та зрозуміти і задовольнити потреби учня.

Після визначення вимог та потреб сучасних освітніх засобів із метою створення умов адаптивного навчання, проведення аналізу сучасних засобів створення сервісів електронного навчання нами було визначено, що з усіх версій програм із відкритим вихідним кодом, доступних в інтернеті, Moodle є найбільш широко використовуваною платформою електронного навчання.

Moodle – це платформа для електронного навчання, система управління навчальним контентом (LCMS), який включає всі функції, необхідні для управління навчальними контекстами. Moodle дозволяє співпрацювати студентам і викладачам, передавати знання між ними. Moodle розроблено на основі модульної, об'єктно орієнтованої структури, здатної організувати курси за різними модулями, заохочуючи мережевий процес викладання та навчання.

Moodle підтримує дистанційне навчання, тому користувачі матимуть доступ до відповідних навчальних матеріалів, коли вони забажають, індикатори їхнього прогресу контролюються викладачами, а також отримують підтримку для онлайн-навчання через заняття з віртуальним класом.

Підхід Moodle базується на трьох основних компонентах, як-от: тьютор, електронний клас (курс), учні (студенти).

Ці компоненти працюють разом так:

- тьютор надає всю інформацію, необхідну для проведення курсу. Він організовує щотижневі заходи або тематичний контент і знайомить із темою, допоміжними ресурсами й інструментами

(файли, документи, відео, аудіо тощо), вправами, які мають виконувати учні;

- увесь набір матеріалів зберігається в електронному класі в реляційній базі даних, яка є вичерпною та доступною через інтерфейс користувача;

– учень (студент) має змогу завантажити або перевірити ресурси і взаємодіяти з іншими учнями відповідно до керівних вказівок тьютора.

Структура Moodle дає змогу запропонувати студентам різні ресурси та види діяльності, полегшити взаємодію між студентами, а також між студентами та тьюторами. Якщо немає інформації про переважні показники групи (рівень знань), навчальний процес зазвичай розробляється для всіх членів групи.

Альтернативою таким проблемам є зосередження Moodle на потребах студентів, намагаючись пристосувати систему до кожного зі студентів і навчити їх відповідно до індивідуальних потреб і стилю навчання. Із цієї причини необхідна структура, яка дозволяє Moodle бути адаптованим.

Нами було запропоновано та розроблено архітектуру, яка забезпечує адаптивні та навігаційні засоби для інтелектуальних агентів, пов'язаних із використанням різних модулів у Moodle.

Головною метою інтелектуального агента електронного навчання в нашій структурі є виконання функцій навчання, спілкування, забезпечення незалежності між компонентами системи та передача вмісту користувачеві. Навіть більше, з урахуванням характеристик і потреб студента вибирається найкращий спосіб надання інформації, що генерується у процесі.

Адаптивна архітектура AES для Moodle є динамічною і мультиагентною структурою, яка надає можливість навчання, спілкування та незалежності між компонентами системи з використанням інтелектуального агента для ухвалення рішення навчального характеру. Ця архітектура має чотири основні модулі: модуль тьютора, модуль студента, модуль інтерфейсу користувача та базу знань. Кожен із перших трьох має інтелектуального агента, який виконує завдання для кожного модуля [14].

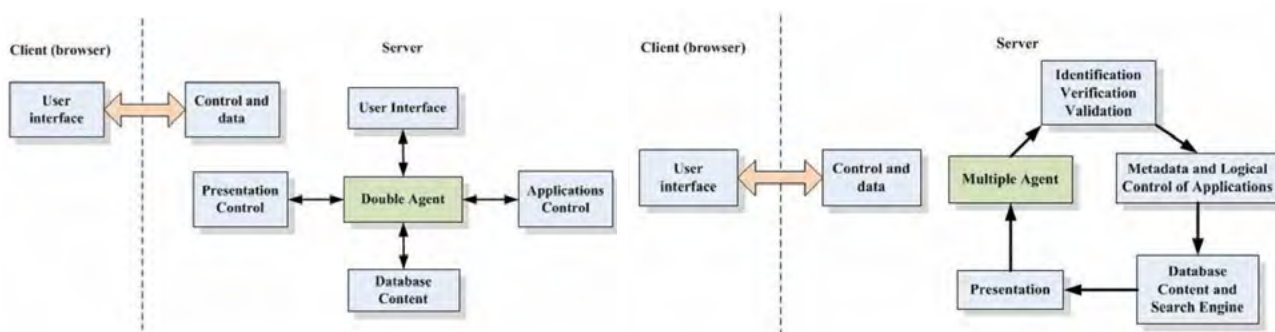


Рис 1. А – Архітектура з подвійним агентом; Б – Архітектура з кількома агентами

Основні функції кожного агента такі:

- агент-тьютор має дидактико-педагогічні функції та репетиторське моделювання;
- студентський агент здійснює створення моделей студентів і оновлення інформації;
- агент інтерфейсу користувача визначає найбільш зручний інтерфейс для кожного користувача на основі апаратного та програмного забезпечення, що використовується для підключення;
- агент, що ухвалює інструкційні рішення (база знань), спілкується та взаємодіє з агентами, визначає найкращий метод навчання для кінцевого користувача (у модулі бази знань можна розглядати розробку одного або кількох агентів залежно від того, як структурована інформація).

Moodle містить основну інформацію від викладачів, студентів та контент, але не зберігає шляхи взаємодії між різними дійовими особами. Це можна покращити шляхом включення інтелектуальних компонентів, забезпечити таким чином персоналізований процес викладання та навчання.

Для визначення інтелектуальних агентів електронного навчання для платформи Moodle необхідно визначити тип навчання відповідно до наявної інформації. Різні компоненти, запропоновані для модулів AES, засновані на аналізі інформації, доступної на віртуальній платформі Moodle, що дозволяє визначити завдання адаптації, необхідні для набуття адаптивного підходу. Розкриємо більш детально особливості кожного з модулів системи.

**Модуль тьютора** – у цьому модулі є набір правил для адаптації та навчання. Модуль взаємодіє з базою знань системи та здійснює індивідуальне навчання за допомогою зручних інтерфейсів. Цей модуль відповідає за правильний дизайн курсу для кожного студента відповідно до успішності студента. Агент, пов'язаний із цим модулем, є інтелектуальним агентом для моделювання з наставником, який повинен виконувати такі функції:

- дидактико-педагогічну функцію (стиль навчання): урахуваючи успіхи учнів і реакцію на певний стиль передачі інформації, агент зможе класифікувати, яка форма навчання є найбільш прийнятною для конкретного профілю студента. Отже, коли агент проведе аналіз, він може вибрати найбільш зручний стиль для кожного користувача на основі його профілю;

- моделювання наставника (реалізація змісту): процес починається з моделювання, коли збирається інформація про запропоновані види діяльності та ресурси для студентів та їхні показники успіху. На основі цього досвіду агент вивчає найкращий спосіб реалізації контенту;

- отримання та зберігання інформації з/в модулі бази знань.

Після перегляду цієї інформації можна визначити моделі тьютора, які можна застосувати до встановлених моделей студентів.

**Модуль бази знань** – цей модуль містить різноманітні джерела інформації, як-от: особисті дані студента, дані про взаємодію, дані про навколишнє середовище й інформацію про план навчання. Агент, пов'язаний із цим модулем, використовує початкові знання системи, щоб отримати висновок або нові знання з допомогою різних джерел інформації.

**Модуль студента** – в адаптивній архітектурі студенти генерують основну інформацію для адаптації. Цей агент перетворюється на самостійний модуль, у якому, виходячи з особливостей, потреб і вподобань учнів, формуються різні моделі. Агент для моделювання студента виконує такі функції в цьому модулі:

- створення моделей учнів: агент зможе класифікувати різні профілі залежно від моделі студента;

- оновлення інформації: інформація про студента оновлюється агентом, відповідальним за моніторинг діяльності та дій студента в системі. Після порівняння інформації агент змінить призначену для студента модель (за потреби) і визначить прогрес студента;

- взаємодія з базою знань: дані кожного профілю студента витягуються з Базы знань і зберігаються в ній, коли студент ідентифікується.

**Модуль інтерфейсу користувача** – у цьому модулі визначаються такі характеристики, як тип використовуваного браузера, тип пристрою, який використовується для доступу, і доступні підключення. Агент для інтерфейсу користувача визначає найбільш зручний тип системного інтерфейсу, який буде запропоновано кожному користувачеві на основі апаратного та програмного забезпечення, що використовується для підключення.

**Інтелектуальний агент для ухвалення навчальних рішень (база знань)** – метою цього агента є виконання навчальних рішень, а також передача вмісту користувачеві. Окрім того, він вирішує найкращий спосіб пропонування інформації, отриманої в цьому процесі. Цей агент отримує інформацію через модуль для інтерфейсу користувача, зокрема ту, яку генерує агент для інтерфейсу. Він перший має контакт із користувачем, оскільки спілкується з модулем для студентів, де відновлюється інформація про профіль та модель студента. Потім вони надсилаються до модуля тьютора, де пропонується найбільш відповідний навчальний дизайн. Нарешті, агент відображає результати цього процесу користувачеві. На цьому етапі агент вибирає, як показувати через інтерфейс створений вміст на основі стилю, що найкраще підходить для процесу навчання учня

**Висновки.** Необхідне поєднання переваг сучасного AES, як-от адаптивність та персоналізація, із ключовими характеристиками традиційної LMS, які полягають в інтеграції, повторному використанні та наборі функцій для студентів

і викладачів, що надаються однією системою. Об'єднання інтелектуальних агентів із відкритим вихідним кодом електронної платформи навчання надає змогу розміщення профілювання і персоналізації послуг для викладача і студента, водночас адаптує зміст освіти й інструменти в основі профілю користувача. Щоб реалізувати цю комбінацію, нами було сформульовано й описано рішення на основі традиційної LMS із відкритим вихідним кодом і запропоновано модернізувати її можливості з акцентом на адаптацію та персоналізацію. Віртуальна платформа Moodle є найбільш придатною для розширення

до адаптивного рішення. Вона пропонує курси, зміст, а також інструменти взаємодії для всіх учасників освітнього процесу, а також визначає і задовольняє відмінності за їхніми індивідуальними характеристиками чи уподобаннями. Цей аспект можна покращити, включивши інтелектуальні компоненти, забезпечити таким чином персоналізований процес викладання та навчання. У подальшій роботі вважаємо доцільним розробити функціональний опис архітектури для мультиагентної адаптивної системи електронного навчання та методику її впровадження в освітній процес закладів освіти.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Florea A.M. Introduction to multi-agent systems. *International Summer School on Multi-Agent Systems*. Bucharest, 1998. Vol. 6. P. 1–11.
2. Shoham Y. Agent-oriented Programming. *Artificial Intelligence*. 1993. № 60 (1). P. 51–92.
3. Wooldridge M., Jennings N.R. Agent Theories, Architectures, and Languages, Wooldridge and Jennings, eds. *Intelligent Agents*. Springer Verlag, 1995. P. 1–22.
4. Wooldridge M. Agent-based Software Engineering. *IEEE Proceedings Software Engineering*. 1997. Vol. 144 (1). P. 26–37.
5. Franklin S., Graesser A. Is It an Agent, or Just a Program? : A Taxonomy for Autonomous Agents, Muller, Wooldridge, and Jennings, eds. *Intelligent Agents III. Agent Theories, Architectures, and Languages*. Springer Verlag, 1997. P. 21–35.
6. Dragomir E.G. Development of a Multi-Agent-Based Simulation System for Air Quality Analysis, *Studies in Informatics and Control*, ISSN 1220-1766. 2014. Vol. 23 (4). P. 371–381.
7. An open agent architecture / Pr. Cohen et al. *Proceedings of the AAAI Spring Symposium Series on Software Agents, Stanford, California, March. American Association for Artificial Intelligence*. 1994. P. 1–8.
8. An Adaptive Multi-Agent based Architecture for Engineering Education / D. Jara-Roa et al. *IEEE EDUCON Education Engineering 2010, The Future of Global Learning Engineering Education*. E-ISBN: 978-14244-6570-5. P. 217–222.
9. Yaghmaie M., Bahreinejad A. Context-aware Adaptive Learning System using Agents. *Expert Systems with Applications*. 2011. Vol. 38. P. 3280–3286.
10. Wang T.I., Wang K.T., Huang Y.M. Using a Style-based Ant Colony System for Adaptive Learning. *Expert Systems with Applications*. 2008. Vol. 34 (4). P. 2449–2464.
11. Yang Y.J., Wu C. An Attribute-based Ant Colony System for Adaptive Learning Object Recommendation. *Expert Systems with Applications*. 2009. Vol. 36 (2). P. 3034–3047.
12. De Bra P. Adaptive Hypermedia. *Handbook on Information Technologies for Education and Training, Springer-Verlag*. 2008. P. 29–46.
13. Peterson E.R., Rayner S.G., Armstrong S.J. Researching the Psychology of Cognitive Style and Learning Style: Is There Really a Future, *Intelligent Computer Communication and Processing. IEEE 5th International Conference*, 27–29 August, 2009. P. 35–38.
14. A Multi-Agent Architecture to Provide Adaptive Learning Content in Moodle / P. Valdiviezo et al. *8th Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, Guanajuato, Mexico, November 9–13, 2009.
15. Discord platform as an online learning environment for emergencies / V. Kruglyk et al. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2020. № 8 (2). P. 13–28.
16. Osadchy V. Mobile technologies in the professional training of students of economic specialties. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2019. № 7 (1). P. 43–53. DOI: 10.32919/uesit.2019.01.04.
17. Bukreiev D. Neuro-network technologies as a mean for creating individualization conditions for students learning. *In SHS Web of Conferences*. 2020. Vol. 75. P. 04013.

## REFERENCES

1. Florea A.M. Introduction to multi-agent systems. *International Summer School on Multi-Agent Systems*. Bucharest. 1998. Vol. 6. Pp. 1–11.
2. Shoham Y. Agent-oriented Programming. *Artificial Intelligence*. 1993. 60 (1). Pp. 51–92.
3. Wooldridge M., Jennings, N.R. Agent Theories, Architectures, and Languages, Wooldridge and Jennings, eds. *Intelligent Agents*. Springer Verlag. 1995. Pp. 1–22.
4. Wooldridge M. Agent-based Software Engineering. *IEEE Proceedings Software Engineering*. 1997. Vol. 144 (1). Pp. 26–37.
5. Franklin S., Graesser A. Is It an Agent, or Just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents, Muller, Wooldridge, and Jennings, eds. *Intelligent Agents III. Agent Theories, Architectures, and Languages*. Springer Verlag, 1997. Pp. 21–35.
6. Dragomir, E.G. Development of a Multi-Agent-Based Simulation System for Air Quality Analysis, *Studies in Informatics and Control*, ISSN 1220-1766, Vol. 23 (4). 2014. Pp. 371–381.
7. Cohen, Pr., Cheyer, A.J., Wang, M., Baeg, S.C. An open agent architecture. *Proceedings. of the AAAI Spring Symposium Series on Software Agents, Stanford, California, March. American Association for Artificial Intelligence*. 1994. Pp. 1–8.
8. Jara-Roa D., Valdiviezo-Díaz P., Agila-Palacios M., Sarango-Lapo C., & Rodriguez-Artacho, M. An Adaptive Multi-Agent based Architecture for Engineering Education. *IEEE EDUCON Education Engineering 2010, The Future of Global Learning Engineering Education*, E-ISBN: 978-14244-6570-5. Pp. 217–222.
9. Yaghmaie M., Bahreininejad A. Context-aware Adaptive Learning System using Agents, *Expert Systems with Applications*. 2011. Vol. 38. Pp. 3280–3286.
10. Wang T.I., Wang K.T., Huang Y.M. Using a Style-based Ant Colony System for Adaptive Learning, *Expert Systems with Applications*. 2008. Vol. 34 (4). Pp. 2449–2464.
11. Yang Y. J., Wu C. An Attribute-based Ant Colony System for Adaptive Learning Object Recommendation. *Expert Systems with Applications*. 2009. Vol. 36 (2). Pp. 3034–3047.
12. De Bra P. Adaptive Hypermedia. *Handbook on Information Technologies for Education and Training*, Springer-Verlag. 2008. Pp. 29–46.
13. Peterson E.R., Rayner S.G., Armstrong S.J. Researching the Psychology of Cognitive Style and Learning Style: Is There Really a Future, *Intelligent Computer Communication and Processing. IEEE 5'th International Conference, 27–29 August*. 2009. Pp. 35–38.
14. Valdiviezo P., Jara I., Agila M., Sarango P., Pesántez R., Rodriguez-Artacho M. A Multi-Agent Architecture to Provide Adaptive Learning Content in Moodle. *8th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, Guanajuato, Mexico, November 9–13*. 2009.
15. Kruglyk V., Bukreiev D., Chorny P., Kupchak E., Sender A. Discord platform as an online learning environment for emergencies. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2020. 8 (2). Pp. 13–28.
16. Osadchyi, V. Mobile technologies in the professional training of students of economic specialties. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2019. 7 (1). 43–53. <https://doi.org/10.32919/uesit.2019.01.04>
17. Bukreiev, D. Neuro-network technologies as a mean for creating individualization conditions for students learning. *In SHS Web of Conferences*. 2020. Vol. 75. P. 04013.