

УДК 004.42

Є.А. ПАЛАМАРЧУК

АРХІТЕКТУРА ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Хмельницьке шосе 95, Вінниця, Україна

E-mail: p@vntu.edu.ua

Анотація Розглянуті принципи побудови архітектур електронних навчальних систем (ЕНС), їх функції, властивості і структури даних. Проведений порівняльний аналіз існуючих архітектур та їх характеристик. Визначені напрямки розвитку ЕНС. Передбачається, що основним вектором їх розвитку будуть ЕНС з використанням штучного інтелекту.

Ключові слова: e-learning, AI, cloud computing, blended learning, MOOC, дистанційне навчання, змішане навчання.

Abstract The principles of construction of architectures of electronic educational systems (EES), their functions, properties and data structure are considered. A comparative analysis of existing architectures and their characteristics is done. The directions of EES development are determined. It is assumed that the main vector of their development will be EES using artificial intelligence.

Keywords: e-learning, AI, cloud computing, blended learning, MOOC.

DOI: 10.31649/1681-7893-2020-39-1-78-92

Вступ

Сучасна освіта перебуває у стані перманентних змін і адаптації, коли змінюються методики навчання, тривалість навчання, підходи і методи викладання. Основними чинниками виступають [1]:

- Стрімке зростання об'єму знань.
- Відставання університетських навчальних програм від реальних вимог особливо в технологічних галузях.
- Необхідність фрагментації процесу навчання людини протягом етапів її життєвого циклу.
- Необхідність застосування технологій штучного інтелекту у навчальному процесі. Задачами електронних навчальних систем є реалізація навчальних задач з використанням інформаційних технологій і штучного інтелекту.

Метою статті є підвищення ефективності проектування електронних навчальних систем та пошук перспективних шляхів у створенні їх високоефективних архітектур.

Прототипи

Електронні навчальні системи (ЕНС) широко використовуються у вирішенні задач пов'язаних із інформаційним транспортом знань (довідникові та інформаційні структури), навчальним процесінгом, контролем результатів навчання та іншими функціями. Виконуючи головну роль - навчання, ЕНС представлені широким спектром технічних, педагогічних і психологічних рішень, спрямованих на вирішення цієї задачі.

Найпростішими прототипами навчальних систем можна вважати різноманітні форми збереження статичної інформації починаючи від древніх форм типу скельних малюнків, глиняних табличок, папірусів, книг, календарів, схем, карт і закінчуючи різноманітними електронними формами.

Користувач у такій схемі має самостійно знаходити необхідну інформацію, її осмислювати і вчитись застосовувати. Зрозуміло, що тут потрібна ґрунтовна початкова підготовка, наприклад, знання мови, письменності, освіти, розуміння де і що шукати, а також вміння правильно засвоювати і застосовувати одержані знання. Таку схему можна розглядати як взаємодію людини (користувача) із певною базою знань (рис. 1).



Рис. 1. Елементарна НС.

Успішна реалізація схеми (рис. 1) вимагає наявності ще одного агента, який би забезпечував користувача початковими знаннями, уміннями, навичками, які необхідні для користування базами знань. Як правило, у його якості виступає людина: вчитель, викладач, помічник, консультант, майстер. Така схема представлена на рис. 2.



Рис. 2. НС з вчителем (викладачем).

Необхідність застосування агента-помічника, а також використання ручного пошуку інформації роблять цю форму навчання мало ефективною як з точки зору швидкості одержання необхідних навчальних результатів, необхідної інформації, а також відповідності знайденої інформації поставленим цілям. Тим не менш така схема пройшла через тисячоріччя розвитку людства і продовжує застосовуватись і зараз.

Структурування бази знань дозволяє оптимізувати перший пункт поставлених задач “Де шукати?”.

Наразі існує багато форм збереження і передачі навчальних даних. Від усної форми, культових споруд, глиняних табличок, папірусів - до книг бібліотек і сучасних баз даних. Якщо ж на ранішніх етапах об’єми такої інформації були відносно невеликими, то її в навіть не структуровані форми пошук був відносно простим і не передбачав великої варіантів вибору, то у сучасному світі, коли об’єми акції вимірюються астрономічними величинами, структурованість та індексація стають просто необхідними атрибутами навчання.

Обов’язковою умовою взаємодії людини даних є задача - “Як шукати?” також має історичну еволюцію від або інструкції вчителів до рекомендацій і підбору необхідної інформації електронними інформаційними системами з використанням штучного інтелекту.

Знайдена у процесі пошуку інформація має бути правильно сприйнята і інтерпретована. На цій стадії людина може користуватися як власним розумінням, так і рекомендаціями і знаннями вчителя. У більшості випадків у цій ролі виступає людина, але все частіше її починає витісняти штучний інтелект. Однією із його переваг є здатність обробляти не досяжні людині об’єми інформації, а також формувати більш точні оцінки або рішення.

Способи застосування одержаної інформації є заключною фазою цього процесу. І тут роль користувача (учня) значно зростає. Тим не менше, роль вчителя залишається значною.

Такий тип архітектури можна вважати першим рівнем навчальної системи (НС).

Типовим прикладом електронної реалізації є електронні книги, підручники, wiki і т. і.

Сучасні їх форми широко використовують гіпертексти, медіа-засоби і web-технології.

НС із матеріалами самоконтролю

Подальшим розвитком методів і засобів навчання стало додавати до теоретичного матеріалу задач для його самостійного засвоєння і застосування. У паперовій формі це представляється підручниками, посібниками, збірниками задач тощо. В НС для цього стали застосовуватись спеціальні програмні блоки із завданнями та матеріалами для самоконтролю (рис. 3).



Рис. 3. ЕНС з пошуковою системою.

Поява таких електронних навчальних матеріалів дозволила певною мірою надати можливість розширити функціонал паперових підручників за рахунок застосування мультимедія, пошуку, глосаріїв, довідників. Тим не менше такі форми НС зберегли властивості підручників і не дозволили оцінювати якість знань. Відмітимо, що здібність до самостійного навчання мають далеко не всі люди. Як правило це вимагає тривалого їх виховання, починаючи із самоконтролю, формування самооцінки, самостійного моніторингу, саморегуляції та здатності до самооцінки [2,3] і основний процент людей відносяться до цієї категорії.

НС із оцінюванням рівня знань.

Це наступний крок формуванні концепції зворотнього зв'язку матеріалом-людиною-результатами засвоєння. На перших етапах такі системи базувались на десктопних технологіях [4] і вміщували вмонтовані програми модулі опитування (тестування). На перших етапах вони представляли собою єдиний програмний блок з вмонтованими навчальними матеріалами, пошуковою системою, системою тестування. Згодом навчальні дані для тестування були відокремлені від програмного модулю [5] (рис. 4).

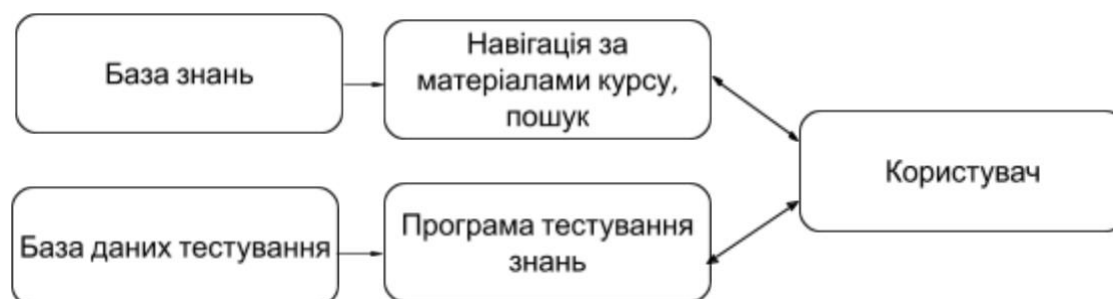


Рис. 4. ЕНС з виділеним модулем тестування.

Таким чином, був сформований контур зворотнього зв'язку між процесом проходження навчальних матеріалів і оцінювання результатів навчання (рис. 5)



Рис. 5. ЕНС з контуром зворотнього зв'язку.

Подальший розвиток комп'ютерних технологій надав можливість перейти до накопичення і протоколювання результатів. А це створило основу для збирання даних про навчання, результати

тестування та їх подальшої обробки і лягло основою для цілого класу систем дистанційного і змішаного навчання (рис. 6)



Рис. 6. ЕНС з накопиченням результатів навчання.

Можна виділити декілька етапів розвитку ЕНС.

Перше їх покоління представлено монолітними структурами (1993 р.) типу чорної скрині з інтегрованими навчальними даними і програмною частиною. Вони забезпечили базис до переходу до модульної архітектури і семантичного обміну інформацією.

Друге покоління ЕНС одержало модульну структуру, що суттєво розширило можливості, функції і гнучкість. Головною рисою їх є відділення навчальної інформації від програмної частини.

Третє покоління ЕНС одержує сервіс-орієнтовану методологію побудови і починає використовувати клієнт-серверну архітектуру і, у тому числі, web-технології. Це дозволило централізувати у єдиному програмному блоці всі необхідні функції та дані і надало можливість багатьом користувачам одночасно працювати у одній системі. Окрім того, спростились процедури обслуговування ЕНС і оновлення навчальних матеріалів і функцій у них.

Нарешті, це відкрило можливість внесення до навчального процесу функції таймінгів, тобто створило основу для дозованої подачі навчального матеріалу згідно календарного графіку навчального процесу [6,7]. Це відкрило можливість моделювання навчання людини у реальних умовах, наприклад, семестру, періоду тощо (рис. 7).



Рис. 7. Мережева архітектура ЕНС.

З технічної сторони ця архітектура передбачає, як правило, роботу у локальних мережах і необхідність використання на клієнтських машинах спеціального програмного забезпечення. Це обмежує використання таких систем областю певної установи або навчального закладу, школи або фірми.

Поява web-технологій [8,9], а згодом і покоління web 2.0 [10] дозволила створювати

ЕНС із доступом через інтернет із принципово новими архітектурами і функціями. Перш за все REST-архітектури [11] з використанням тонких клієнтських частин, а саме web-браузерів.

Цей підхід дозволив залучати до роботи в ЕНС географічно обмежений контингент тих, хто навчається і тих, хто навчає, а також спростити до мінімуму і універсалізувати вимоги до програмного забезпечення клієнтських частин. Власне користувачу достатньо мати лише комп'ютер або пристрій з web-браузером і приєднання до мережі інтернет.

Покоління web 2.0 [9] в ЕНС змінило парадигму відносної статичності навчальних матеріалів. Викладачі або ведучі курсу одержали можливість вільно додавати і змінювати навчальний контент [12]. Так, з'явилися можливості:

1. користувачам самостійно вибирати і проходити навчальні курси
2. формувати навчальні графіки згідно них проводити навчання
3. залучати до розміщення навчального контенту і навчання фахівців з різних галузей знань будь-якої територіальної прив'язки
4. зосередити всі дані і функціонал на єдиному сервері навчальної системи

Узагальнена архітектура ЕНС на основі web 2.0 представлена на рис. 8

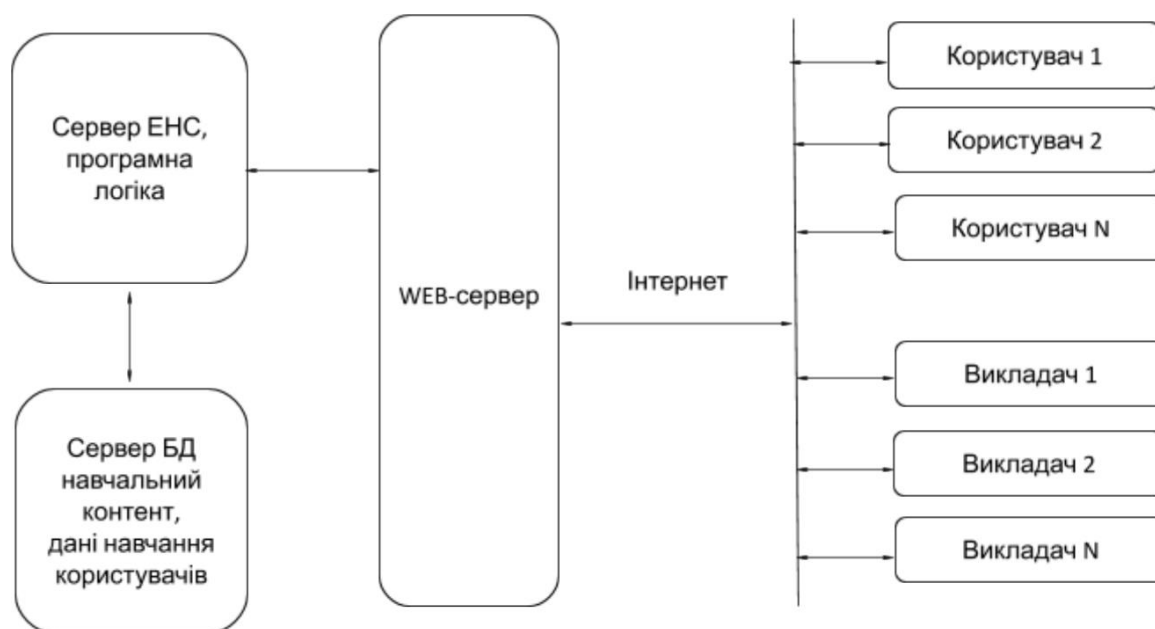


Рис. 8. Узагальнена архітектура ЕНС на основі web 2.0.

Технології web 2.0 започаткували інтенсивний розвиток і ЕНС і дозволили здійснити якісний стрибок у їх видах і функціях.

Системи дистанційного навчання

Головною ідеєю систем дистанційного навчання (СДН, e-learning) є можливість користувачам самостійно вибирати курс і проходити навчання. Ряд функцій, які пов'язані із навігацією, подачею навчального матеріалу, тестуванням, накопиченням і обробкою результатів навчання — автоматизовані. Роль викладача (тьютора) полягає у формуванні навчального контенту і управлінні процесом навчання.

Ця схема набула широкого розповсюдження у світі і одержала багато модифікацій. Так, наприклад, з'явилась універсальні платформи, наприклад, Moodle [13], або спеціалізовані під конкретну навчальну установу (Socrates [16], JetIQ [17], edX [18], Coursera [19]) або комерційну організацію [21]. На рис. 9 наведена структурна схема ЕНС на основі web-технологій.



Рис. 9. Архітектура ЕНС на основі web-технологій

В ЕНС статичні навчальні дані представляються рядом категорій і дозволяють авторам курсів компонувати з них сценарії складових навчального процесу. Поняття статичності означає власне незалежність цих даних від самого процесу навчання. На рис. 10 представлені основні види навчальних даних та їх взаємозв'язок.



Рис. 10. Види навчальних даних та їх зв'язки

Базовим елементом є курс, який складається із окремих частин-секцій. Секція може вміщувати декілька тем. Складовими них можуть бути окремі заняття, які базуються на теоретичних матеріалах, завданнях, топіках та інших даних. Доповнюють статичні навчальні матеріали wiki-структури, глосарії та мітки.

Статичні дані у ЕНС представляються файлами різних типів: текстовими, гіпертекстовими, мультимедіа, архівними та інш. (табл. 1).

Табл. 1. Види статичних даних ЕНС

Формати даних	Розширення файлів
Текстові	txt, odt, doc, docx, pdf, djview, ...
Гіпертекстові	html, xhtml, pdf, ...
Зображення	jpeg, jpg, png, img, gif, ...
Аудіо, відео	mp2-mp4, ogg, au, flac, ...
Відео	mp4, mov, avi, flv
Таблиці	xls, xlsx, odf, ...
Програмні файли, скрипти	js, java, exe, ...
Архівні	zip, tar, tar.gz, rar, ...

Розвиток електронних навчальних систем значно розширив категорії і об'єктів які потрібні для електронного навчання. Основні з них наведені у таблиці 2.

Табл. 2. Ролі учасників навчальних систем

Роль учасника ЕНС
Адміністратор системи
Автор курсу
Тьютор/редактор курсу
Тьютор курсу
Студент/учень
Гість
Адміністратор білінгу

табл. 3 представлені види активностей учасників у ЕНС. Табл. 3. Види активностей у ЕНС.

Види активностей у ЕНС
Виконання завдань
Опитування
Чати
Відеочати
Форуми
Вікторини
Тестування
Листування

Табл. 4 Види відтворення результатів електронних навчальних систем

Вид результату	Користувачі
Успішність	
Оцінки і бали	Студенти, викладачі
Журнали успішності	Студенти, викладачі
Табелі	Студенти, викладачі
Залікові книжки	Студенти, викладачі
Аналітичні форми успішності	Викладачі
Гейміфікація	
Нагороди	Студенти
Призи	Студенти
Статуси	Студенти

Інші види	
Дипломи	Студенти, адміністратори курсів
Сертифікати	Студенти, адміністратори курсів

Процес підготовки навчальних курсів і їх проходження супроводжується взаємодією учасників ЕНС з контентом і їх програмним забезпеченням. Активності учасників використовуються для стимуляції ефективності електронного навчання. Для цього застосовуються різні технології, які дозволяють реалізувати педагогічні методи і прийоми, наприклад, чати, вікторини та інші. Це створює позитивний психологічний ефект зближення тьютора і студентів, що покращує взаєморозуміння і комунікації між ними. Атмосферу аудиторії деякою мірою допомагають створювати аудіо та відео чати, форуми.

Процес навчання і його завершення супроводжується автоматичною генерацією даних, які є основою для формування проміжних і підсумкових результатів. Ними можуть бути оцінки чи бали за виконання завдань, походження тестів, відомості успішності, журнали успішності, таблиці, електронні залікові книжки.

Підсумкові результати є основою для формування сертифікатів, дипломів або посвідчень про завершення курсу.

В ЕНС, де застосовуються гейміфікаційні методи [24-26,29], результати навчання можуть доповнюватись нагородами, статусами і призами. Такі системи вмикають мотиваційні механізми до навчання у студентів і надають відчуття більшого психологічного комфорту. Гейміфікація надає студентам відчуття володіння своїм навчанням, у них розвиваються соціальні навички, студенти заохочуються до створення навчальних спільнот [27,28].

Як видно з табл. 2, окрім об'єкту навчання (студент або учень) і адміністратора ЕНС, вводяться поняття авторів курсів — персон, відповідальних за створення і наповнення контентом навчального курсу.

Тьютори — це учасники навчального процесу, які є відповідальними за проведення занять, за перевірку виконаних завдань, за комунікації із учнями або студентами. До їх ролі відносяться також:

- вивчення принципів дистанційного навчання
- робота з матеріалами курсу
- підтримка навчального процесу
- контроль графіку виконання
- комунікації зі студентами
- оцінювання поточних знань
- консультування
- участь у подальшій розробці курсу разом із його автором

Гості - це користувачі ЕНС, які мають право знайомства зі змістом курсів, окремими їх матеріалами з метою подальшого вибору і запису на навчання.

Адміністратори білінгу — це особи, ролі яких пов'язані із контролем оплати навчання студентами і розрахунку із з авторами курсів. Такі ролі існують в електронних навчальних системах з платними платною формою навчання.

Адаптивні електронні навчальні системи.

Адаптивні електронні навчальні системи (АЕНС) реалізують принцип індивідуалізації навчання [30]. Однією з їх основних цілей може бути формування індивідуального сценарію (траєкторії) навчання в залежності від динаміки сприйняття матеріалу особистістю або її потреб. АЕНС дозволяють подолати недоліки групового навчання, у першу чергу ригідність навчального процесу. Завдяки індивідуалізації підходу до особистості у АЕНС прибирається ефект зниження мотивації до навчання у сильних і слабких

студентів через випередження або, навпаки, відставання сприйняття матеріалу відносно загального графіку навчального процесу.

Такі системи передбачають наявність програмної логіки дослідження і аналізу динаміки навчання кожного студента і формування його індивідуального навчального контенту і таймінгу [31,32]. На рис. 11 представлена схема адаптивного формування індивідуального навчального контенту в залежності від результатів вивчення і засвоєння матеріалу.



Рис. 11. Адаптивне формування індивідуального навчального контенту

Перший контур корекції передбачає видачу студенту уточненого або більш адаптованого контенту до моменту відсутності питань з боку студента. У другому контурі відбувається аналіз якості засвоєння матеріалу і, у разі невідповідності її вимогам, застосовується корекція навчального контенту. У зазначеній схемі адаптація контенту йде у напрямку спрощення і деталізації. Таким чином, кожен студент не обмежується жорстким графіком навчального процесу, як це притаманно системам дистанційного навчання, а одержує можливість індивідуально навчатись за спеціально підібраним АЕНС контентом. Аналіз динаміки навчання студента і кінцевих результатів надає можливість АЕНС формувати профіль здібностей студента, а також створювати дані для автора курсу щодо його корекції і вдосконалення навчального контенту.

Електронні навчальні системи змішаного навчання.

Змішане навчання [33,34] поєднує методи традиційного і дистанційного навчання. ЕНС із такою формою об'єднують архітектури систем дистанційного навчання з архітектурами систем управління навчальним процесом університету. Основними їх особливостями є:

- відносна сталість у навчальному періоді списків студентів і викладачів
- відносна сталість набору дисциплін
- детермінованість навчальних графіків
- висока тривалість навчання у порівнянні з СДН (більше 3 років)

Такі системи часто включають програмні модулі обробки бізнес-процесів класичного вищого навчального закладу (ВНЗ), наприклад електронні деканати, системи підтримки наукової діяльності, управління інформаційними ресурсами університету та інш. Архітектури ЕНС із змішаним навчанням, як правило, індивідуальні для кожного ВНЗ і визначаються особливостями реалізації задач навчальних процесів.

ЕНС з технологіями штучного інтелекту.

ЕНС із технологіями штучного інтелекту (ЕНСШІ) започатковують широкі функції електронного репетиторства і наближення поведінки системи до реальної людини [11]. ЕНСШІ базуються на технології

Web 3.0 – Semantic Web [9]. Цей напрямок надає особливі можливості у застосуванні технологій штучного інтелекту, розпізнавання та синтезу мов, комп'ютерного навчання, збору даних та інш.

У першу чергу, це стосується можливостей ЕНСШ надавати інтерактивні відповіді на питання студентів у реальному часі. Відомо, що при традиційній формі навчання у процесі викладення матеріалу, у студентів можуть виникати питання, які потребують додаткових роз'яснень, відповідей або уточнень. Цей аспект грає надзвичайно важливу роль у залученні студентів у навчальний процес. Також у реальній аудиторії існують психологічно активні студенти, які задають питання або спілкуються з викладачем щодо навчального матеріалу. Одержані ними від викладача відповіді, коментарі і пояснення стають доступними і іншим студентам. Така комунікація суттєво впливає на ефективність навчання всієї аудиторії. ЕНСШ можуть також виконувати аналогічну функцію, причому, що важливо, для кожного студента індивідуально без обмежень у часі і кількості питань.

Другою перевагою є доступність консультування у ЕНСШ у цілодобовому режимі. Третьою перевагою ЕНСШ є можливість створення динамічного розумного навчального контенту, зміст якого може коригуватись ЕНСШ результатами поточного навчання [32].

Четвертим аспектом є можливість створення полімовних курсів і електронного тьюторства на основі технологій електронного перекладу та синтезу мови [Duolingo].

П'ятий аспект відкриває можливості персоналізованого репетиторства, що є надзвичайно важливим для категорій студентів, які мають проблеми для групового навчання.

Шостий аспект пов'язаний із мотивацією навчання з використанням методів гейміфікації [14,18,19,29].

Таким чином, ЕНСШ дозволяють реалізовувати функції інтерактивного навчання(рис.12)



Рис.12. Поточне навчання, репетиторство

і контролю його результатів (рис. 13), максимально наближуючи цей процес до реального спілкування, додаючи ряд нових функцій, які може забезпечувати електронна система [32].

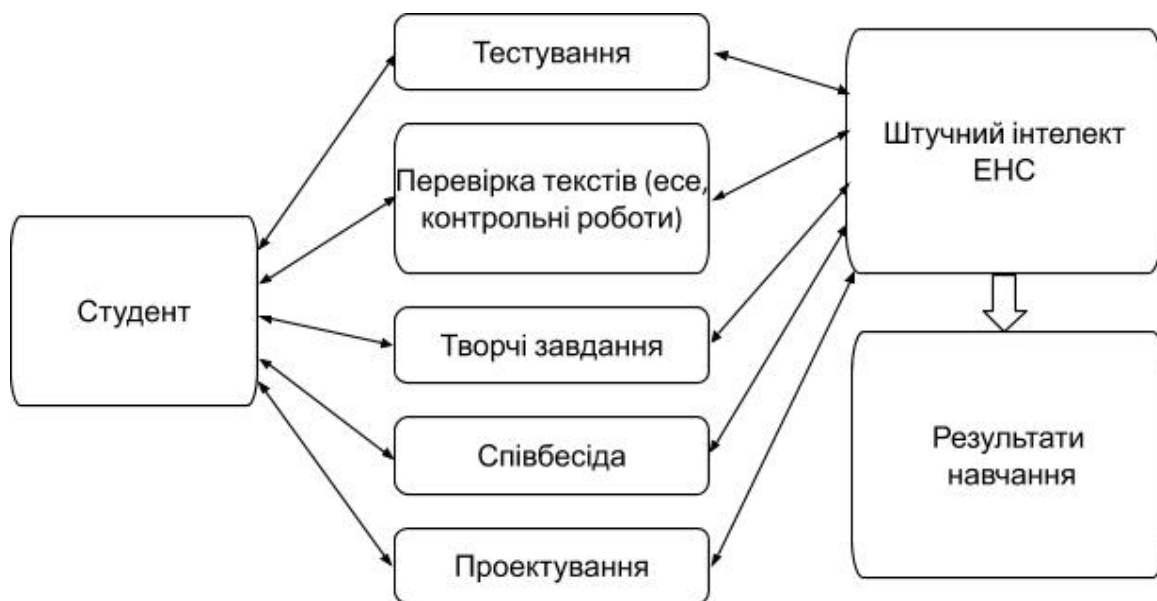


Рис. 13. Контроль результатів навчання

ЕІШІ можуть формувати міждисциплінарні зв'язки у навчальних матеріалах, формах і методах навчання. Це є основою для формування ЕНС з широкими базами знань і високим педагогічним інтелектом.

ЕНС з використанням хмарних технологій.

Глобалізація світових інформаційних зв'язків на основі інтернет і застосування технологій віртуалізації надають можливість використання хмарних технологій (cloud computing) у ЕНС [35-40].

Технологія SaaS (Software as a Service) використовується у випадках, коли компанія чи навчальний заклад надають послуги з використання певної платформи ЕНС [13-17,20-22]. Для її розгортання можуть використовуватись готові програмні інструменти провайдера, наприклад WEB-сервери, сервери баз даних тощо.

Для складних архітектур ЕНС, де можуть використовуватись специфічні програмні продукти, які не забезпечуються можливостями SaaS, застосовується технологія IaaS (Infrastructure as a Service). У цьому випадку вся програмна система розгортається власником ЕНС [18,19] у просторі віртуальних машин провайдера [42].

Для ЕІШІ ефективним є використання готових рішень великих компаній в галузі штучного інтелекту, розпізнавання і синтезу мови, зображень, машинного навчання тощо. Такі послуги надаються технологіями PaaS (Platform as a Service) [42,43], які можуть бути поєднанні із вже існуючими ЕНС.

Висновки

Навчальні системи пройшли еволюційний шлях від простих і примітивних форм до електронних навчальних систем зі штучним інтелектом. Головним їх технологічним базисом стали технології WEB 2.0, хмарні технології і системи штучного інтелекту.

Перспективними напрямками їх розвитку на найближчий час представляються системи дистанційної освіти (e-learning systems) з відкритими курсами і програмним кодом.

Навчальні системи на базі хмарних технологій, штучного інтелекту і технології інтернету речей очевидно ляжуть в основу формування світової глобальної навчальної мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кветний Роман, Паламарчук Євген, Бісікало Олег / Задачі електронної освіти України та пропозиції щодо її розвитку // «ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2020», XII Міжнародна науково-практична конференція ІОН-2020, 26-29 травня, 2020, С.230-231
2. Jiaming Zhong, Jisheng Heю On Self-learning Ability of College Students and Its Cultivation 3rd International Conference on Management, Education, Information and Control (MEICI 2015)

3. Long, H.B. Resources related to overcoming resistance to self-direction in learning[A]. In R.Hiemstra&Brockett, R.(Eds.), *Overcoming resistance to self-directed learning in adult learning: New Directions for Adult and Continuing Education*, No.64 [C]. San Francisco: Jossey-Bass, 1994. 23.
4. Goce Armenski, Marjan Gusev. *Architecture of Modern e-learning Systems* // The 6th International Conference for Informatics and Information Technology, 2008, P. 38-42. – Режим доступу: <http://ciit.finki.ukim.mk/data/papers/6CiiT/6CiiT-09.pdf>
5. Blinco K., Mason J., McLean N., Wilson S. (2004), *Trends and issues in e-learning infrastructure development*, A White Paper for alt-i-lab 2004 Prepared on behalf of DEST (Australia) and JISC-CETIS (UK).
6. Adobe Captivate Prime LMS – Режим доступу: <https://www.adobe.com/ua/products/captivateprime/prime-rfi.html>
7. Fielding, Roy (2000). *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures* (Ph.D.). University of California, Irvine. – Режим доступу: https://www.webcitation.org/67gOwyTek?url=http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/to_p.htm.
8. Hypertext Transfer Protocol — HTTP/1.1. – Режим доступу: <https://tools.ietf.org/html/rfc2616>
9. Berners-Lee, Hendler, and Lassila, 2001; Markoff, 2006; Jensen, 2007
10. What is Web 2.0 – Режим доступу: <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>
11. Richardson, Leonard; Amundsen, Mike; Ruby, Sam (2013). *RESTful Web APIs* (вид. First edition). O'Reilly. ISBN 978-1-4493-5806-8.
12. Karagiannidis, C., Sampson, D.G., and Cardinali, F. An architecture for Web-based e-Learning promoting reusable adaptive educational e-content. *Educational Technology & Society*, 5, 4 (2002).
13. Moodle. – Режим доступу: <https://moodle.org>.
14. OPENedX. – Режим доступу: <https://open.edx.org>.
15. Canvas. – Режим доступу: <https://www.instructure.com>.
16. Електронна система управління ВНЗ “Сократ”. – Режим доступу: <https://socrates.vsau.org>.
17. Електронна система управління ВУЗом “JetIQ”. – Режим доступу: <https://jetiq.vntu.edu.ua>.
18. edX. – Режим доступу: <https://edx.org>.
19. Coursera. – Режим доступу: <https://coursera.org>.
20. UdeMy. – Режим доступу: <https://udemy.com>.
21. Cisco Networking Academy, – Режим доступу: https://www.cisco.com/c/m/en_sg/sec-offerings/index.html.
22. Prometheus. – Режим доступу: <https://prometheus.org.ua>.
23. Liang, P.-H., Yang, J.-M.: *Virtual Personalized Learning Environment (VPLE) on the Cloud*. In: Gong, Z., Luo, X., Chen, J., Lei, J., Wang, F.L. (eds.) *WISM 2011, Part II. LNCS*, vol. 6988, pp. 403–411. Springer, Heidelberg (2011)
24. *Gamification in Learning Management Systems*. - Режим доступу: <https://jellyfish.tech/gamification-in-learning-management-systems/>
25. Muntean, C. (2011). Raising engagement in e-learning through gamification. 6th International Conference on Virtual Learning ICVL, (pp. 323-329).
26. *Gamification in Education*. Gabriela Kiryakova, Nadezhda Angelova, Lina Yordanova – Режим доступу: <https://www.sun.ac.za/english/learning-teaching/ctl/Documents/Gamification%20in%20education.pdf>
27. Glover, I. (2013). Play as you learn: gamification as a technique for motivating learners. *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. AACE.Henrick, G. (2013, October 10).
28. Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.
- 29.. Коваленко О. О., Паламарчук Є. А./ Гейміфікація в системі управління навчанням //Матеріали 11-ї науково-практичної конференції. м. Львів, 20-22 листопада 2019 року/ Відп. за випуск Л.Д. Озірковський – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – С.165-169.
30. Carnegie Learning. - Режим доступу: <https://www.carnegielearning.com/>
31. *Models of Behavior of Agents in the Learning Management System* / Oleg Bisikalo, Olena Kovalenko, Yevgen Palamarchuk // Матеріали XIV-ої Міжнародної науково-технічної конференції “Комп’ютерні науки та інформаційні технології (CSIT -2019)”. Том 3. – Львів, 2019. – С. 222-227.
32. Коваленко Олена, Паламарчук Євген / Контури системи управління навчанням: традиційне, змішане та дистанційне навчання // «ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2020», XII Міжнародна науково-практична конференція ІОН-2020, 26-29 травня, 2020, С.230-231
33. *Algorithms of blended learning in IT education* / Yevhen Palamarchuk, Olena Kovalenko // XIII International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Informational Technologies (CSIT), 11-14 September, 2018, Lviv, Ukraine - P.382-386
34. Results of implementation of the pilot project of management system for learning and concomitance of the educational, methodological and scientific activities “JetIQ” [Текст] / О. V. Bisikalo, Y. A. Palamarchuk,

- О. О. Коваленко // Матеріали 9-ї науково-практичної конференції, м. Львів, 21-23 листопада 2017 р. – Львів : Видавництво Наукового товариства ім. Шевченка, 2017. – С. 73-77.
35. E learning Systems based on Cloud Computing. Ghazal Riahi // *Procedia Computer Science* 62 (2015) 352 – 359
36. Облачные вычисления в электронном обучении. Абдуллах Хасан Хуссейн. *E-Scio*, ISSN: 2658-6924. 2020
37. Al-Zoube, M., El-Seoud, S.A., Wyne, M.F.: Cloud computing based e-learning system. *Intl. Arab Journal of e-Technology* 8(2), 58–71 (2010)
38. Dong, B., Zheng, Q., Qiao, M., Shu, J., Yang, J.: BlueSky Cloud Framework: An E-Learning Framework Embracing Cloud Computing. In: Jaatun, M.G., Zhao, G., Rong, C. (eds.) *Cloud Computing*. LNCS, vol. 5931, pp. 577–582. Springer, Heidelberg (2009)
39. Masud, A.H., Huang, X.: ESaaS: A New Education Software Model in E-learning Systems. In: Zhu, M. (ed.) *ICCIC 2011, Part V*. CCIS, vol. 235, pp. 468–475. Springer, Heidelberg (2011) Cross Ref Google Scholar
40. Ercan, T.: Effective use of cloud computing in educational institutions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2(2), 938–942 (2010)
41. Amazon. Types of Cloud Computing. - Режим доступу: <https://aws.amazon.com>
42. Google Cloud services Режим доступу: About Google Cloud services | Overview
43. Azure Machine Learning. Режим доступу: <https://azure.microsoft.com/en-in/services/machine-learning/>

REFERENCES

1. Kvetny Roman, Palamarchuk Eugene, Bisikalo Oleg / Tasks of e-education in Ukraine and proposals for its development // "INTERNET-EDUCATION-SCIENCE-2020", XII International Scientific and Practical Conference ION-2020, May 26-29, 2020, С .230-231
2. Jiaming Zhong, Jisheng Heyu On Self-learning Ability of College Students and Its Cultivation. 3rd International Conference on Management, Education, Information and Control (MEICI 2015)
3. Long, H.B. Resources related to overcoming resistance to self-direction in learning [A]. In R.Hiemstra & Brockett, R. (Eds.), *Overcoming resistance to self-directed learning in adult learning: New Directions for Adult and Continuing Education*, No.64 [C]. San Francisco: Jossey-Bass, 1994. 23.
4. Goce Armenski, Marjan Gusev. Architecture of Modern e-learning Systems // The 6th International Conference for Informatics and Information Technology, 2008, P. 38-42. - Access mode: <http://ciit.finki.ukim.mk/data/papers/6CiiT/6CiiT-09.pdf>
5. Blinco K., Mason J., McLean N., Wilson S. (2004), Trends and issues in e-learning infrastructure development, A White Paper for alt-i-lab 2004 Prepared on behalf of DEST (Australia) and JISC-CETIS (UK).
6. Adobe Captivate Prime LMS - Access mode: <https://www.adobe.com/ua/products/captivateprime/prime-rfi.html>
7. Fielding, Roy (2000). Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures (Ph.D.). University of California, Irvine. - Access mode: https://www.webcitation.org/67gOwyTek?url=http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/to_p.htm
8. Hypertext Transfer Protocol - HTTP / 1.1. - Access mode: <https://tools.ietf.org/html/rfc2616>
9. Berners-Lee, Hendler, and Lassila, 2001; Markoff, 2006; Jensen, 2007
10. What is Web 2.0 - Access mode: <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>
11. Richardson, Leonard; Amundsen, Mike; Ruby, Sam (2013). *RESTful Web APIs* (ed. First edition). O'Reilly. ISBN 978-1-4493-5806-8.
12. Karagiannidis, C., Sampson, D.G., and Cardinali, F. An architecture for Web-based e-Learning promoting reusable adaptive educational e-content. *Educational Technology & Society*, 5, 4 (2002).
13. Moodle. - Access mode: <https://moodle.org>.
14. OPENedX. - Access mode: <https://open.edx.org>.
15. Canvas. - Access mode: <https://www.instructure.com>.
16. Electronic management system of Socrates University. - Access mode: <https://socrates.vsau.org>.
17. Electronic university management system "JetIQ". - Access mode: <https://jetiq.vntu.edu.ua>.
18. edX. - Access mode: <https://edx.org>.
19. Coursera. - Access mode: <https://coursera.org>.
20. Udemy. - Access mode: <https://udemy.com>.
21. Cisco Networking Academy, - Access mode: https://www.cisco.com/c/m/en_sg/sec-offerings/index.html.
22. Prometheus. - Access mode: <https://prometheus.org.ua>.
23. Liang, P.-H., Yang, J.-M. : Virtual Personalized Learning Environment (VPLE) on the Cloud. In: Gong, Z., Luo, X., Chen, J., Lei, J., Wang, F.L. (eds.) *WISM 2011, Part II*. LNCS, vol. 6988, pp. 403–411. Springer, Heidelberg (2011)

24. Gamification in Learning Management Systems. - Access mode: <https://jellyfish.tech/gamification-in-learning-management-systems/>
25. Muntean, C. (2011). Raising engagement in e-learning through gamification. 6th International Conference on Virtual Learning ICVL, (pp. 323-329).
26. Gamification in Education. Gabriela Kiryakova, Nadezhda Angelova, Lina Yordanova - Access mode: [https://www.sun.ac.za/english/learning-teaching/ctl/Documents/Gamification%20in%20education.p df](https://www.sun.ac.za/english/learning-teaching/ctl/Documents/Gamification%20in%20education.pdf)
27. Glover, I. (2013). Play as you learn: gamification as a technique for motivating learners. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications. AACE. Henrick, G. (2013, October 10).
28. Kapp, K. M. (2012). The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education. John Wiley & Sons.
29. Kovalenko O.O., Palamarchuk E.A. / Gamification in the learning management system // Proceedings of the 11th scientific-practical conference. Lviv, November 20-22, 2019 / Resp. for the issue of L.D. Ozirkovsky - Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2019. - P.165-169.
30. Carnegie Learning. - Access mode: <https://www.carnegielearning.com/>
31. Models of Behavior of Agents in the Learning Management System / Oleg Bisikalo, Olena Kovalenko, Yevgen Palamarchuk // Proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference "Computer Science and Information Technology (CSIT -2019)". Volume 3. - Lviv, 2019. - P. 222-227.
32. Kovalenko Olena, Palamarchuk Eugene / Contours of the learning management system: traditional, blended and distance learning // "INTERNET-EDUCATION-SCIENCE-2020", XII International scientific-practical conference ION-2020, May 26-29, 2020, p. 230-231
33. Algorithms of blended learning in IT education / Yevhen Palamarchuk, Olena Kovalenko // XIII International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 11-14 September, 2018, Lviv, Ukraine - P.382-386
34. Results of implementation of the pilot project of management system for learning and concomitance of the educational, methodological and scientific activities "JetIQ" [Text] / O.V. Bisikalo, Y.A. Palamarchuk, O.O. Kovalenko // Materials of the 9th scientific-practical conference, Lviv, November 21-23, 2017 - Lviv: Publishing House of the Scientific Society named after Shevchenko, 2017. - P. 73-77.
35. E learning Systems based on Cloud Computing. Ghazal Riahi // Procedia Computer Science 62 (2015) 352 - 359
36. Cloud computing in e-learning. Abdullah Hassan Hussein. E-Scio, ISSN: 2658-6924. 2020
37. Al-Zoube, M., El-Seoud, S.A., Wyne, M.F. : Cloud computing based e-learning system. Intl. Arab Journal of e-Technology 8 (2), 58–71 (2010)
38. Dong, B., Zheng, Q., Qiao, M., Shu, J., Yang, J. : BlueSky Cloud Framework: An E-Learning Framework Embracing Cloud Computing. In: Jaatun, M.G., Zhao, G., Rong, C. (eds.) Cloud Computing. LNCS, vol. 5931, pp. 577–582. Springer, Heidelberg (2009)
39. Masud, A.H., Huang, X. : ESaaS: A New Education Software Model in E-learning Systems. In: Zhu, M. (ed.) ICCIC 2011, Part V. CCIS, vol. 235, pp. 468–475. Springer, Heidelberg (2011) Cross Ref Google Scholar
40. Ercan, T. : Effective use of cloud computing in educational institutions. Procedia - Social and Behavioral Sciences 2 (2), 938–942 (2010)
41. Amazon. Types of Cloud Computing. - Access mode: <https://aws.amazon.com>
42. Google Cloud services Access mode: About Google Cloud services | Overview
43. Azure Machine Learning. Access mode: <https://azure.microsoft.com/en-in/services/machine-learning/>

Паламарчук Євген Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Palamarchuk Yevhen A., PhD, Docent of Automatics and Intellectual Informatic Technologies Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: p@vntu.edu.ua