

А. В. ЛЕГЕЗА

викладач кафедри програмного забезпечення
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID: 0000-0001-8416-8836

І. Ф. ПОВХАН

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри програмного забезпечення систем
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID: 0000-0002-1681-3466

В. Я. САРОЗ

аспірант кафедри програмного забезпечення
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID: 0009-0003-1628-2778

В. О. ЯКОВЛЕВ

аспірант кафедри програмного забезпечення
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID: 0009-0000-0293-4614

МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПОНЕНТА ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ДИДАКТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

В роботі показані особливості оцінки електронного навчального процесу в межах освітнього простору, представлена технологія для оцінки ефективності (загальної якості) онлайн-курсу (компоненту електронного навчального процесу) за допомогою набору виділених елементарних дидактичних показників. Сучасна дистанційна освіта характеризується стійкою тенденцією переходу до цифровізації та персоніфікації навчального процесу. Модернізація освіти в даний час пов'язана з впровадженням адаптивних, практико-орієнтованих і гнучких інструментів оцінки якості електронного навчального процесу. Існуючі освітні інформаційні системи для створення та оцінки якості електронних навчальних курсів, поки не мають можливостей для інтелектуалізації процесу навчання, гнучкої адаптації змісту освіти під індивідуальні потреби учасників навчального процесу, не містять зручних інтелектуальних інструментів для підтримки розробників онлайн-курсів, автоматизації рутинних операцій зі структурування освітнього контенту. Представлена концепція оцінки компонентів навчального середовища, яка формується за допомогою групи виділених елементарних дидактичних показників, заснованих на базових атрибутах електронного навчального процесу. Виділені групи якісних показників ефективності організації електронного навчального процесу, які забезпечують процес системного аналізу ефективності застосування технології, методів дистанційної освіти. Їх конкретний вибір, формування груп показників визначається цілями та завданнями комплексної оцінки електронного навчального процесу. На основі схеми виділення та формування елементарних дидактичних показників – розроблено метод та модель оцінки ефективності (якості) застосування технології, методу або компоненту електронного навчального процесу в межах освітнього середовища. В роботі показано, що в найпростішому випадку загальна процедура оцінювання, експертизи компонентів електронного навчального процесу будується на математичній обробці оцінених експертами сукупності показників якості курсу (визначення важливості та інформативності показників, усередненні, елементарні дидактичні показники). Ефективні інтелектуальні алгоритми обробки даних лежать в основі розробки адаптивної технології онлайн-навчання впроваджені в навчальні процеси. Розроблені основні принципи синтезу системи оцінки якості онлайн-курсів.

Ключові слова: онлайн-навчання, LMS – платформа, модель оцінки якості, дистанційне навчання, електронний навчальний процес.

A. V. LEGEZA

Lecturer at the Software Department
State Higher Educational Institution "Uzhgorod National University"
ORCID: 0000- 001-8416-8836

I. F. POVKHAN

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Systems Software
State Higher Educational Institution "Uzhgorod National University"
ORCID: 0000-0002-1681-3466

V. YA. SAROZ

Postgraduate Student at the Software Department
State Higher Educational Institution "Uzhgorod National University"
ORCID: 0009-0003-1628-2778

V. O. YAKOVLEV

Postgraduate Student at the Software Department
State Higher Educational Institution "Uzhgorod National University"
ORCID: 0009-0000-0293-4614

MODEL FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE E-LEARNING PROCESS COMPONENT BASED ON ELEMENTARY DIDACTIC INDICATORS

The paper shows the features of evaluating the e-learning process within the educational space, presents a technology for evaluating the effectiveness (overall quality) of an online course (a component of the e-learning process) using a set of selected elementary didactic indicators. Modern distance education is characterized by a steady trend of transition to digitalization and personification of the educational process. Modernization of education is currently associated with the introduction of adaptive, practice-oriented and flexible tools for assessing the quality of the e-learning process. Existing educational information systems for creating and evaluating the quality of e-learning courses, do not yet have the ability to intellectualize the learning process, flexibly adapt the content of education to the individual needs of participants in the educational process, do not contain convenient intellectual tools to support developers of online courses, automate routine operations for structuring educational content. The concept of evaluating the components of the educational environment, which is formed using a group of selected elementary didactic indicators based on the basic attributes of the electronic educational process, is presented. Groups of qualitative indicators of the effectiveness of the organization of the electronic educational process are identified, which provide the process of systematic analysis of the effectiveness of the use of technology and methods of distance education. Their specific choice and formation of groups of indicators is determined by the goals and objectives of a comprehensive assessment of the e-learning process. Based on the scheme of selection and formation of elementary didactic indicators, a method and model for evaluating the effectiveness (quality) of the use of technology, method or component of the electronic educational process within the educational environment has been developed. The paper shows that in the simplest case, the general procedure for evaluating and examining the components of the electronic educational process is based on mathematical processing of the set of course quality indicators evaluated by experts (determining the importance and informative value of indicators, averaging, elementary didactic indicators). Efficient intelligent data processing algorithms underlie the development of adaptive online learning technologies implemented in educational processes. The basic principles of synthesizing a system for evaluating the quality of online courses are developed.

Key words: online learning, LMS platform, Quality Assessment Model, distance learning, electronic learning process.

Постановка проблеми

В межах системного підходу, при оцінці ефективності дистанційний навчальний процес (НП) варто розглядати не лише як цілісну монолітну систему, алей враховувати ієрархічність в структурі моделі освітнього процесу. Це означає, що порівняння ефективності моделей НП повинно здійснюватися на одному і тому ж самому ієрархічному рівні. Тобто, не можна порівнювати між собою інформаційно – навчальні та контролюючі компоненти технології дистанційної освіти (ДО) в межах НП. Необхідність врахування ієрархічності в побудові дистанційного НП при оцінці ефективності їх застосування обумовлена тим, що структура таких технологій тісно пов'язана з їх функціонуванням. У багаторівневих ієрархічних системах з ростом числа рівнів (підсистем складної системи) зростає складність їх структури (ієрархії), що безпосередньо впливає на ефективність самої системи (моделі організації дистанційного НП).

Отже застосовуючи системний підхід, можна зробити висновок, що для оцінки ефективності дистанційного НП, необхідно:

- Робити метод (схему) узагальненої оцінки ефективності електронного НП (технології ДО).
- Провести етап формування та аналізу початкових даних.
- Провести етап визначення та оцінки ефективності порівнюваних НП.
- Провести етап аналізу оцінок ефективності НП які порівнюються, сформулювати набір рекомендацій, які необхідні на етапі прийняття рішення.

Відмітимо, що в даній схемі оцінки ефективності електронного НП, на результуючий показник узагальненої оцінки, впливають не всі можливі атрибути та фактори НП, а лише ті, що впливають на виконання навчальних завдань (технології ДО, які полегшують або прискорюють виконання навчальних завдань). Зауважимо, що другорядні фактори, які впливають на НП, повинні бути виключені з моделі оцінки ефективності (або, як варіант – сама модель має бути розроблена таким чином, щоб її чутливість до другорядних факторів була низькою). Саме ускладнення моделі оцінки ефективності НП може призвести до того, що до неї потраплять другорядні фактори, які маскують (заміщують) суттєві атрибути електронного НП. Зрозуміло, що з іншого боку слід уникати випадку, коли за значного скорочення факторів, що враховуються в моделі оцінки якості НП, результати оцінок ефективності можуть виявитися малозмістовними.

Формулювання мети дослідження

Мета статті – дослідження та побудова, механізмів, методів та моделей оцінки компонентів електронного НП.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Динаміка зміни структури ДО та варіантів схем організації НП ще більш ускладнює та розмиває картину дослідження [3]. В роботах [1, 2] розглянута принципова проблема організації електронного НП в межах освітньої організації на базі відкритих LMS систем. В роботі [3] представлена загальна модель організації електронного НП в межах концепції відкритого доступу платформи Learnme. Проблемам ефективності та адаптивності організації онлайн курсів в освітньому середовищі присвячені роботи [4, 5]. Головною невирішеною проблемою тут залишається невисока універсальність такого підходу. Важливою задачею яка стає на етапі проектування моделі онлайн навчання залишається проблема вибору відповідної до умов організації LMS платформи [6]. Частковим вирішенням даної задачі є розробка та проектування сучасних гібридних LMS платформ на базі штучного інтелекту. Дана проблематика тісно пов'язана з задачею простої та ефективної обробки/збору/аналізу статистичних даних (data mining) в процесі онлайн навчання [7]. Етап вибору LMS платформи пов'язаний з потребами освітньої організації, підтримкою системи відповідних освітніх стандартів [8–12]. Важливим напрямком розвитку сучасних платформ електронної освіти є застосування розподілених (cloud) технологій доступу до навчального контенту (НК) [13]. Принциповим недоліком такого підходу є високі вимоги щодо якості та розповсюдження інформаційної інфраструктури в межах освітньої організації.

Викладення основного матеріалу дослідження

Побудова набору критеріїв ефективності електронного НП. Відповідно до положень теорії ефективності та кваліметрії – для оцінки якості деякого об'єкта n – векторним показником використовуються критерії, які належать трьом класам: P – критерії придатності; Q – критерії оптимальності; R – критерії переваги.

Далі, перейдемо до математичне формулювання цих критеріїв для системи з m об'єктів, що володіють n властивостями (в межах задачі оцінки якості, ефективності електронного НП).

Введемо наступні позначення.

$X_{All} = \{x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{i,j}\}$ – множина показників якості об'єктів, де $x_{i,j}$ – показник j -ової характеристики i -ого об'єкту.

$X_{Main} = \{x_{1,Main}, x_{2,Main}, \dots, x_{i,Main}\}$ – множина допустимих значень показника ефективності i -ого об'єкту.

Тоді критерій придатності можна формалізувати в наступному вигляді:

$$P: \bigcap_{j=1}^n (x_{i,j} \in \{x_{i,Main}\}) = True. \quad (1)$$

Зауважимо, що в (1) $i = 1, 2, \dots, m$. Тоді, зважаючи на вище сказане, всі об'єкти, які виконують умову (1) можуть бути використані в подальшому, тобто володіють однаковою ефективністю (якістю).

$X_{Opt} = \{x_{1,Opt}, x_{2,Opt}, \dots, x_{s,Opt}\}$ – множина оптимальних значень показників характеристик об'єкта що оцінюються, тоді $\{x_{s,Opt}\}$ – оптимальне значення показника s -ової характеристики.

Тоді критерій оптимальності можна формалізувати в наступному вигляді:

$$Q: \bigcap_{j=1}^n (x_{i,j} \in \{x_{i,Main}\}) \cap \bigcap_{j=1}^n (x_{i,s} \in \{x_{s,Opt}\}) = True. \quad (2)$$

Зафіксуємо, що об'єкт для якого виконується умова (2) будемо називати оптимальним по s -овій характеристиці. Зважаючи на все вище сказане, на даному етапі можна формалізувати критерій переваги:

$$R: \bigcap_{j=1}^n \bigcap_{i=1}^m (x_{i,j} \in \{x_{i,Main}\}) \cap \bigcap_{j=1}^n \bigcap_{k \neq i} (x_{i,k} \geq x_{i,j}) = True. \quad (3)$$

Тут, $k = 1, 2, \dots, n$. Проаналізувавши вираз (3), можна зробити висновок, що довільний об'єкт оцінки для якого він виконується переважає всі інші об'єкти вибірки.

Отже підсумовуючи таку формалізацію – критеріїв придатності, оптимальності та переваги (P , Q , R), можна запропонувати наступну схему оцінки ефективності методів електронного НП (компонентів ДО):

- Етап 1. Зібрати та обчислити всі показники характеристик – векторів значень ефективності електронного НП.
- Етап 2. Провести процедуру формування та визначення наборів вимог до ефективності електронного НП. Сформувати множини (X_{Opt} , X_{Main}) з показниками $\{x_{Opt}\}$, $\{x_{Main}\}$.
- Етап 3. Провести процедуру формування критеріїв оцінки якості електронного НП – (P , Q , R).
- Етап 4. Провести процедуру обчислення показників ефективності навчальних модулів (електронних курсів) в межах електронного НП.
- Етап 5. Провести фінальну оцінку отриманих значень ефективності навчальних модулів (компонентів ДО) на основі визначених критеріїв придатності, оптимальності та переваги (P , Q , R). На основі проведених оцінок зробити висновок відносно якісної складової відповідних елементів електронного НП.

Побудова набору елементарних дидактичних показників ефективності електронного НП. На наступному етапі дослідження визначимо групу базових (елементарних) дидактичних показників $D(d_1, d_2, d_3, \dots)$ якості організації навчального заняття (навчального модуля) із застосуванням відповідного методу ДО (рис. 1). Для цього використаємо схему порівняльної оцінки важливості елементарних дидактичних показників якості організації електронного заняття в тій чи іншій схемі організації НП [3]. Порівняльна оцінка в даній схемі проводиться з використанням методу експертних оцінок. Дана процедура є першим етапом побудови узагальненого показника (дидактичного показника) ефективності електронного навчального процесу (компонентів електронного НП, навчальних занять). В зв'язку з тим, що кількісна оцінка експертами ступеня важливості окремих показників НП не є простою задачею, вона проведена шляхом упорядкування показників за ступенем важливості (метод простого ранжування елементарних ознак) [2].

Відмітимо, що порівняльна оцінка важливості базових дидактичних показників якості організації електронного заняття в тій чи іншій схемі ДО показала, що про якість організації заняття із застосуванням електронного НП можна судити за нижченаведеними елементарними дидактичними показниками (характеристиками ДО) – (Табл. 1).

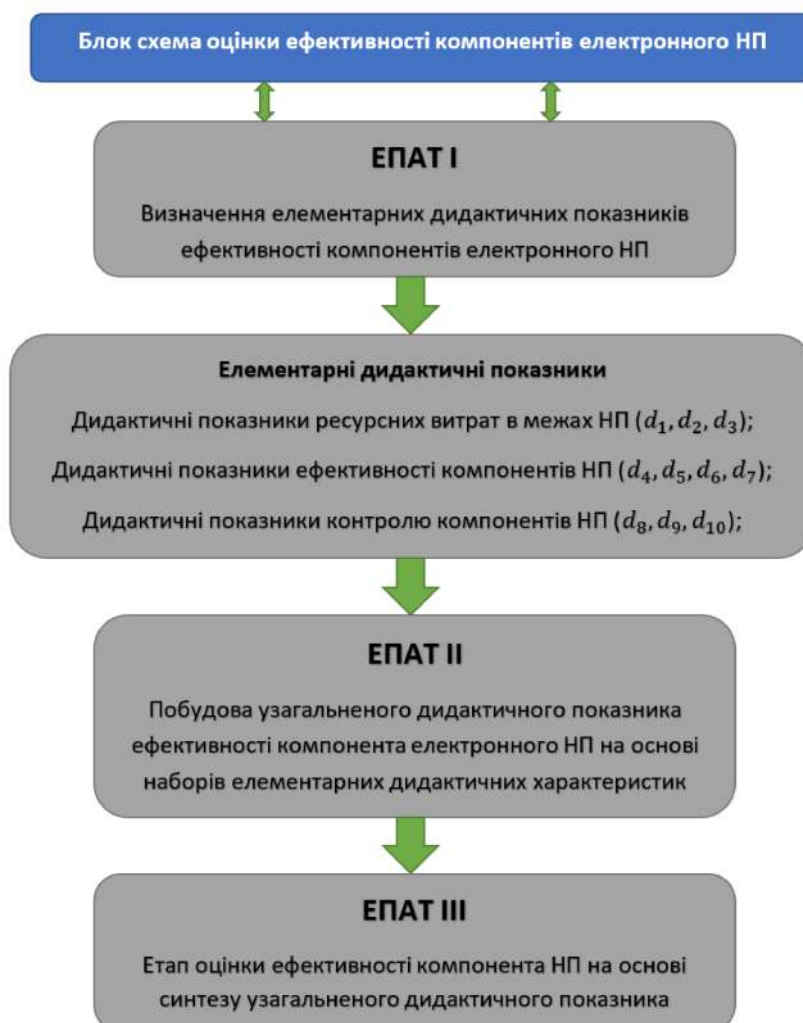


Рис. 1. Блок-схема визначення узагальненого дидактичного показника якості організації електронного заняття

Таблиця 1

Базова група якісних елементарних дидактичних показників компонента електронного НП

№	Елементарні дидактичні показники компонента НП
d_1	Показник контентного (інформаційного) наповнення електронного заняття
d_2	Показник витрат часу на вивчення (засвоєння) навчального матеріалу (опрацювання НК)
d_3	Показник ресурсних витрат (фінансових) роботи в освітньому середовищі
d_4	Показник середнього балу (засвоєння НК) навчальної групи
d_5	Показник науковості електронного заняття (в межах організаційної схеми ДО)
d_6	Показник тематичної складності навчального контенту (в межах компоненту ДО)
d_7	Показник прикладної компоненти навчального контенту
d_8	Показник засвоєння навчального контенту на занятті (в межах компоненту ДО)
d_9	Показник навчальної активності учасників НП (в межах навчального заняття НП)
d_{10}	Показник навчальної зацікавленості результатами учасників електронного НП

Отже, визначення дидактичного обсягу навчального контенту включає в себе визначення показників інформаційного наповнення електронного НП та часових показників його засвоєння. Тоді, можна визначити трьох етапну схему визначення інформаційного наповнення електронного НП.

- Етап 1. На першому визначається обсяг навчальної інформації, яку необхідно довести до учасника НП за дане заняття – обсяг навчальної інформації, що міститься в темі заняття (або в межах електронного НП в цілому). Визначення обсягу досліджуваної навчальної інформації U_{All} починається з її подання в двійковій формі (бітах), що дозволяє створити об'єктивну основу для визначення інформаційного навантаження.

- Етап 2. На другому етапі, необхідно визначити загальний обсяг інформації, який необхідно видати учаснику електронного НП за дане заняття (не тільки навчальний контент) I_{All} , який необхідно довести до учасника НП за заняття (на протязі визначеної навчальної сесії в освітньому середовищі).

- Етап 3. На третьому етапі, необхідно провести загальний розрахунок швидкості подачі навчальної інформації (пакетів навчального контенту) викладачем, або в ІС в межах освітнього середовища. Також необхідно підрахувати швидкість засвоєння навчального контенту учасником НП, розрахувати максимально можливий обсягу навчальної інформації, що подається в межах фіксованого електронного заняття (електронного курсу в цілому).

Узагальнений дидактичний показник якості НП. Отже, зважаючи на все вище сказане, узагальнений дидактичний показник якості НП можна представити як деяку залежність показників:

$$D^{Main} = \varphi(d_1, \dots, d_{10}). \quad (4)$$

Зауважимо, що тут $(d_1, d_2, \dots, d_{10})$ – елементарні дидактичні показники, які були представлені в даному дослідженні вище.

Беручи до уваги той факт, що виділені в дослідженні елементарні дидактичні показники мають різну природу формування та агрегування – доцільно для отримання комплексного, якісного показника застосовувати узагальнену функцію бажаності Харрінгтона вигляду:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n s_i}. \quad (5)$$

Зауважимо, що тут:

D – узагальнений показник бажаності.

s_i – елементарні показники бажаності.

Відмітимо, що елементарні показники бажаності є безрозмірними величинами та величинами в діапазоні від 0 до 1, приведеними за шкалою бажаності Харрінгтона.

Розмірковуючи логічно, та підставивши (4) в вираз (5), отримаємо наступне рівняння вигляду:

$$D^{Main} = \sqrt[10]{\prod_{i=1}^{10} s(d_i)}. \quad (6)$$

Отже, для визначення якісних показників (d_i) тут $(i = 1, \dots, 10)$ в дослідженні були розроблені ефективні схеми розрахунку. Після проведення розрахунків по кожній зі схем, показники нормуються по відношенню до показників «абстрактної, ідеальної», освітньої технології, приводяться до вигляду показників ефективності і тільки після цього розраховується узагальнений дидактичний показник – D^{Main} за формулою (6). В якості критерію оцінки – виступає шкала бажаності.

Висновки

Отже підсумуємо – оцінка узагальненого дидактичного показника якості електронного НП зводиться до агрегування елементарних дидактичних показників, яке виконується в два етапи:

- Етап 1. На першому етапі проводиться приведення елементарних дидактичних показників до безрозмірного виду.

• Етап 2. На другому етапі представлені елементарні дидактичні показники зводяться в узагальнений показник якості НП.

Приведення елементарних дидактичних показників до порівнянного вигляду здійснюється за єдиною безрозмірною шкалою бажаності (шкалою переваги). Вибір даної шкали обумовлений її здатністю здійснювати прямий переклад натуральних значень елементарних дидактичних показників в безрозмірні оцінки, при збереженні вихідних переваг.

Тобто, значення 0.0 шкали відповідає абсолютно неприйнятному рівню показника якості, а відповідно значення 1.0 – найкращому рівню показника якості. Аналітично шкала задається в наступному вигляді:

$$s = \exp(-\exp(-l)). \quad (7)$$

Зрозуміло, що принципово можливо побудувати графік функції $s(l)$ – на основі формули (7). Тобто, шкала бажаності відкладена по осі ординат – на ній фіксуються значення бажаності в межах відрізка від 0 до 1. Тоді, по осі абсцис вказуються значення елементарних дидактичних показників в умовному масштабі. При цьому за початок відліку на осі абсцис вибирається точка, відповідна нижньої межі допустимих значень на шкалі бажаності.

Зауважимо, що скільки значення осі абсцис є умовними, необхідно проградуювати її для кожного показника. Для цього зручно розташувати під основною віссю ще кілька (за кількістю елементарних дидактичних показників). Отже, отриманий графік з градуйованими осями дидактичних показників можна використовувати як номограму для здійснення приведення до єдиної шкали оцінки ефективності НП (його компоненту).

Отже можна зробити висновок, що побудований значення елементарних дидактичних показників D^{Main} і буде узагальненим показником якості електронного НП (компоненту електронного НП на основі набору елементарних дидактичних показників).

Список використаної літератури

1. Kintonova A., Sabitov A., Povkhan I., Khaimulina D., Gabdreshov G. Organization of online learning using the intelligent metasystem of open semantic technology for intelligent systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. № 1(2–121). P. 29–40.
2. Kintonova A., Sabitov A., Povkhan I. Development of an Online Course for “Web Programming” discipline with OLAT. 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON): Conference Proceedings (Riga (Latvia), May 9–12, 2022). Riga, 2022. P. 54–62.
3. Kintonova A., Povkhan I., Sabitov A., Tokkuliyeva A., Demidchik N. Online Learning Technologies. 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON): Conference Proceedings (Riga (Latvia), May 9–12, 2022). Riga, 2022. P. 76–84.
4. Alt D., Naamati-Schneider L. Health management students’ self-regulation and digital concept mapping in online learning environments. BMC Medical Education. 2021. Volume 21, Issue 1. Article Number 110.
5. Ferrer N. F., Alfonso J. M. E-Learning Content Management. New York (USA): Springer, 2010. 132 p.
6. How E-learning Platforms Are Gaining Popularity In The Ecommerce Industry. Punjab (India): FATbit Technologies, 2024. URL: <https://www.fatbit.com/fab/online-learning-vs-traditionalllearning-a-study-on-elearning-platform/>
7. Pappas C. Top 20 eLearning Statistics For 2019 You Need To Know [Infographic]. Reno (NV, USA): eLearning Industry, 2019. URL: <https://elearningindustry.com/top-elearning-statistics-2019>
8. Siegel K. iSpring Suite 9: The Basics. Riva (USA): IconLogic, Inc., 2020. 119 p.
9. Caudill B., Banks D. Pocket instruction for SCORM. West Palm Beach (Florida, USA): JCASolutions, 2006. 114 p.
10. What is AICC. London (UK): GrowthEngineering Technologies, 2022. URL: <https://www.growthengineering.co.uk/what-is-aicc/>
11. Revilova O., Santos O., Restrepo E. G. WCAG 2 in simple terms. Madrid (Spain): Itákora Press, 2015. 53 p.
12. Blokdruk G. A clear and concise XAPI reference. Toronto (Canada): 5STARCOOKS, 2018. 137 p.
13. Masud Md., Huang X. An E-learning System Architecture based on Cloud Computing. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2012. Vol. 62. P. 74–78.
14. Chiasson A. Mastering Articulate Storyline. Birmingham (UK): Packt Publishing, 2016. 28 p.
15. Education at a Glance 2011. Paris (France): OECD Publishing, 2011. 320 p.
16. Ruiz-Corbella M., Alvarez-Gonzalez B. Virtual Mobility as an Inclusion Strategy in Higher Education: research on Distance Education Master degrees in Europe, Latin America and Asia. Research in Comparative and International Education. 2014. Vol. 9, Iss. 1. P. 165–180.
17. Wit H. de., Ferencz I., Rumbley L. E. International student mobility: European and US perspectives. Perspectives: Policy and Practice in Higher Education. 2013. Vol. 17, Iss. 1. P. 17–23.

Дата першого надходження рукопису до видання: 30.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 27.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025