

УДК 001.891:65.011.56

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.5.2/21>**Легеза А.В.**

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Повхан І.Ф.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Сароз В.Я.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Яковлев В.О.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

ЗАГАЛЬНА СХЕМА ПОБУДОВИ НАБОРУ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ДИДАКТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ В МОДЕЛІ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Побудований ефективний метод синтезу набору елементарних дидактичних показників якості електронного навчального процесу в методі оцінки ефективності компоненту освітнього процесу. Визначено набір елементарних дидактичних показників, якій дозволяє ефективно оцінювати якість методів (інструментів, інформаційних моделей) дистанційного навчання на основі довільних організаційних схем та моделей. Розроблений метод побудови елементарних дидактичних показників дозволяє працювати з організаційними схемами електронного навчального процесу довільної складності (методами дистанційного навчання), забезпечує високу точність моделі оцінки, раціонально використовує апаратні ресурси освітньої інформаційної системи в процесі генерації кінцевої моделі оцінки ефективності, дозволяє будувати моделі (організаційні схеми) з наперед заданою точністю. Пропонується ефективна схема побудови елементарних показників якості компонента електронного навчального процесу у вигляді набору дискретних ознак, яка дозволяє обійти обмеження традиційних методів оцінки моделей (компонентів) освітнього процесу. Така схема побудови елементарних дидактичних показників дозволяє значно зменшити обчислювальну складність моделі оцінки ефективності компонентів електронного навчального процесу в порівнянні з іншими моделями оцінки якості та забезпечити необхідну, регульовану точність фінального правила оцінки ефективності. Пропонується підхід синтезу наборів елементарних дидактичних показників на основі первинних освітніх характеристик та методів оцінки компонентів електронного навчального процесу. Такий підхід до синтезу набору елементарних дидактичних показників дозволить комплексно будувати нові моделі оцінки ефективності компонентів електронного навчального процесу на основі модульного принципу. На базі запропонованої схеми побудови вектору елементарних дидактичних показників пропонується загальний метод оцінки ефективності компонентів електронного навчального процесу. Такий підхід до оцінки компонентів якості освітнього процесу дозволяє ефективно працювати з інструментарієм методів дистанційної освіти з довільними організаційними схемами та моделями. Побудовані схеми виділення наборів елементарних дидактичних показників забезпечили відсутність помилок оцінки ефективності компонентів електронного навчального процесу, підтвердили працездатність даного підходу в задачах оцінки якості методів та інструментів дистанційного навчання.

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

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, для визначення відповідності НП вимогам освітнього процесу будемо розглядати якість організації навчального заняття з застосуванням тієї чи іншої технології ДО.

Етап 1. Підготовка до проведення заняття.

Етап 2. Проведення заняття

Етап 3. Контроль результатів НП.

Таким чином можна зробити висновок, що оцінюючи якість організації навчального заняття із застосуванням тієї чи іншої технології (компоненти) ДО, ми отримуємо оцінку якості останньої.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи сучасні тенденції, методи, організаційні схеми та інструментів дистанційної освіти можна виділити загальну тенденцію ускладнення загальної моделі функціонування електронного НП, відображено в роботах [1-5]. В роботах [1] піднімаються проблемні питання організації освітніх процесів (методів ДО) на основі LMS електронних платформ (освітніх ІС) в межах єдиного освітнього простору. В роботі [2] аналізується організаційна схема (модель) електронного НП в межах концепції відкритого доступу LMS платформи Learnme. Важливою задачею, яка виникає в межах електронного НП є ефективність механізмів адаптації методів ДО в межах сучасного освітнього середовища, що висвітлено в роботах [3, 4]. Принциповим недоліком тут залишається є відносна невисока універсальність таких організаційних схем електронного НП. На наступному етапі, важливою задачею яка стає на етапі вибору та побудови організаційної схеми ДО є проблема вибору відповідної до набору навчальних вимог

освітньої платформи (освітнього середовища) [5-7]. Одним з варіантів подолання даного обмеження є використання інструментарію штучного інтелекту (методів інтелектуальних систем) на етапі проектування (розробки / роботи) освітньої ІС (LMS платформи четвертого покоління). Подібний набір задач в межах електронного НП (методів ДО) можна звести до ефективних методів роботи (оброки) з початковими даними (data mining) в процесі електронного освітнього процесу [8]. Відмітимо, що процедура оцінки та відбору освітньої ІС (платформи) завжди пов'язана з вимогами ОУ, підтримкою платформи відповідних освітніх стандартів та комунікаційних інструментів / сервісів та служб [9]. Одним з можливих варіантів подолання обмежень класичних освітніх платформ є застосування інструментарію штучного інтелекту та розподілених (cloud) технологій доступу до освітнього процесу [10]. Однак слід відмітити, недоліком таких інтелектуальних освітніх ІС є високі вимоги щодо якості та ефективності інформаційної інфраструктури (комунікаційних інтерфейсів) в межах освітньої установи [11-13].

Метою даного дослідження є всебічне дослідження та синтез моделей, методів, схем відбору груп елементарних дидактичних показників в задачі оцінки ефективності компонентів електронного НП.

Формування елементарних дидактичних показників в моделі оцінки ефективності електронного НП. Зафіксуємо, що важливим питанням залишаються проблема – як саме вимірюється пропускна здатність каналів людського сприйняття та пам'яті. Додатково, принципово важливо визначити задачу виміру або теоретичного розрахунку інформаційного змісту навчального контенту, і на основі співвіднесення першого та другого вирішити питання про допустимих інформаційних пакетах навчального матеріалу, які можуть бути запропоновані учасникам електронного НП. Зауважимо, що в найпростішому випадку вирішити ці задачі можна застосуванням відомої формули К. Шеннона для вимірювання формальної інформації повідомлення:

$$S = \sum_{i=1}^n P_i * \log (1/P_i) \quad (1)$$

Зауважимо, що формула (1) має сенс при $\sum_{i=1}^n P_i = 1$.

Отже, вимірювання формальної інформації навчального повідомлення не дає можливість безпосередньо перейти до розв'язку задачі вимірювання навчальної інформації. Так, при вимірюванні інформації навчальних повідомлень, що

мають однаковий смисловий зміст, але викладає їх на різних мовах або на одній мові, але

Отже, зважаючи на все вище сказане – обсяг навчальної інформації за даною темою T_{inf} можна обчислити за наступною формулою:

$$T_{inf} = T_{txt} + \sum_{j=1}^z T_{Pkg,z}. \quad (2)$$

Зауважимо, що тут:

T_{txt} – об'єм навчальної інформації, яка подається в текстовому (символьному) форматі;

T_{Pkg} – об'єм навчальної інформації, яка подається в форматі інформаційних навчальних пакетів (ІНП);

z – загальна кількість ІНП в межах навчальної сесії.

Відмітимо, що після процедури визначення цього обсягу інформації T_{inf} необхідно переходити до другого етапу (етапу визначити обсягу інформації, який необхідно видати учаснику НП за фіксоване електронне заняття – початковий компонент електронного НП).

Зрозуміло, що треба враховувати, що крім навчальної інформації з даної теми, в загальний обсяг інформації повинні також входити наступні інформаційні компоненти:

I_{sr} – сервісна інформація (заголовки контентних тем (headers), інформаційні заставки, представлення навчальних тем, цілей, навчальних питань);

I_{ts} – контрольна інформація (скорочена перевірка якості попереднього НК, якості виконання рекомендацій минулого заняття, перевірка якості засвоєння інформації поточного навчального модулю, результати поточного оцінювання);

I_{kr} – коригуюча інформація (доведення поточної інформації в якості повторів за результатами поточного контролю, видача рекомендацій в межах поточного заняття, завдання на самостійну роботу, вказівка на інформаційні ресурси).

Отже, підсумовуючи зафіксуємо, що обчислення загального обсягу навчальної інформації, яку необхідно довести до учасника НП (в межах електронного заняття), можна провести наступним чином:

$$I^{All} = T_{inf} + I_{sr} + I_{ts} + I_{kr}. \quad (3)$$

Зауважимо, що елементарний дидактичний показник $(d_1) = I^{All}$.

При сприйнятті людиною інформації (що видається протягом однієї години навчальної роботи), чітко проглядаються шість етапів:

Етап 1. Етап початку сприйняття (тобто перехідний процес в системі пауза – робота). Він триває до 5 хвилин від початку навчального заняття. Швидкість засвоєння початкової інформації – E_1 .

Етап 2. Етап активної уваги. Максимальна працездатність учасника НП. Він триває

5–10 хвилин. Швидкість засвоєння навчальної інформації – E_2 .

Етап 3. Етап оптимального сприйняття. Тривалість етапу до 10 хвилин. Швидкість засвоєння початкової інформації – E_3 .

Етап 4. Етап зусиль або активної роботи. Учасник НП відчуває, що увага починає розсіюватися та намагається підтримати її на активному рівні. Тривалість етапу до 30 – 35 хвилин від початку навчального заняття. Швидкість засвоєння початкової інформації – E_4 .

Етап 5. Етап загальної інерції. Учасник НП продовжує працювати (засвоювати НК) через силу, зі значними втратами. Тривалість цього етапу не більше 5 – 7 хвилин навчального часу. Швидкість засвоєння початкової інформації – E_5 .

Етап 6. Етап кінцевого стомлення від потоків навчальної інформації. Швидкість засвоєння початкової інформації – E_6 .

Зауважимо, що дослідження проводилися протягом однієї академічної години. Отже, зважаючи рівня уваги від часу проведення навчального заняття та максимальну швидкість засвоєння інформації (для середнього учасника НП) ($E_{max} \approx 17$ біт/с) то за такою формулою можна визначити середній обсяг інформації I^{avg} , який учасник НП в змозі освоїти протягом однієї навчальної години:

$$I_i^{avg} = \sum_{j=1}^k \tau_j * E_j. \quad (4)$$

Зауважимо, що тут:

k – загальна кількість етапів навчального заняття (електронного курсу).

i – організаційний тип (схема проведення) навчального заняття.

τ_j – загальна тривалість j -ого етапу навчального заняття.

E_j – загальна швидкість засвоєння початкової інформації на j -ому етапі навчального заняття.

Зауважимо, що тоді елементарний дидактичний показник (d_2) формується наступним чином – $(d_2) = \sum_{j=1}^k \tau_j$.

Підсумуємо, що для кожного учасника НП будуть свої індивідуальні показники параметрів E_j, I_j^{All} – (Табл. 1).

Отже, на основі формули (4) можна проводити роботу з планування електронного освітнього процесу та будь-яких його елементів.

На наступному етапі дослідження, запропонуємо один з варіантів формування базового показника d_3 для моделі оцінки якості електронного НП (компонента НП). Отже, виходячи з особливостей показника d_3 , який включає в себе ресурсні витрати

учасника НП (крім витрат навчального часу, який врахований в дидактичному показнику d_2), доцільно представляти показник d_3 в наступному вигляді:

$$d_3 = \frac{\sum_{i=1}^z (U_i^{is} + U_i^{com} + U_i^{add})}{2n}. \quad (5)$$

Зауважимо, що тут:

z – загальна кількість ПНК (блоків НК) на навчальному занятті (або в межах компоненту електронного НП).

n – загальна кількість учасників НП в навчальній групі.

U_i^{is} – ресурсна (фінансова компонента) пов'язана з витратами на користування сервісами та службами єдиної освітньої ІС (LMS платформи або освітнього середовища в комплексі), при роботі з i – вим ПНК (блоком НК).

U_i^{com} – ресурсна (фінансова компонента) пов'язана з витратами на комунікаційні інструменти (служби), при роботі з i – вим ПНК (блоком НК) в межах електронного НП.

U_i^{add} – комплексна ресурсна (фінансова компонента) пов'язана з усіма додатковими (поточними та незапланованими) витратами в межах роботи з i – вим ПНК (блоком НК) електронного НП.

Заважимо, що в (5) в залежності від особливостей організації електронного НП (інструментів ДО), будь-яка з компонент компонента U_i^{is} , U_i^{com} , U_i^{add} може дорівнювати нулю.

Отже, на підставі даних, отриманих вище – можливі три варіанти рішень, щодо організації електронного НП:

– **Варіант 1.** Якщо $I^{All} > I_h^{All}$, то необхідно обробити навчальну інформацію (доопрацювати НК), виключаючи несуттєву інформацію або перерозподіляючи її в сторону збільшення частки, пропонуваної на виконання в процесі самостійної роботи учасника електронного НП, і зменшення частки що виноситься на навчальне заняття.

– **Варіант 2.** Якщо $I^{All} = I_h^{All}$, то пропоновану навчальну інформацію (загальний НК) можна вводити в ІС освітнього процесу.

– **Варіант 3.** Якщо $I^{All} < I_h^{All}$, то можливо оптимізувати (мінімізувати) навчальний час на підготовку фахівця з необхідною якістю.

Зауважимо, що в представлених варіантах ($h=1,2,\dots,n$), де n – загальна кількість учасників НП.

Якщо можливість мінімізації часу на підготовку фахівця існує – то визначається реальний навчальний час, необхідний для підготовки фахівця з даної навчальної дисципліни.

Тоді можна зафіксувати – що величина економії навчального часу на засвоєння навчальної інформації розраховується за формулами:

$$\Delta I_j^{All} = I_{j,h}^{All} - I^{All}. \quad (6)$$

$$\Delta \theta_j = \sum_{i=1}^k (\Delta I_j^{All} / E_i). \quad (7)$$

Зауважимо, що тут:

i – організаційний тип (схема проведення) навчального заняття.

k – загальна кількість етапів навчального заняття.

E_i – загальна швидкість засвоєння учасником НП навчальної інформації на протязі i – го етапу заняття ($i=1,2,\dots,k$).

ΔI_j^{All} – загальний об'єм навчальної інформації, який додається в поточне заняття з інформаційного вмісту наступного (поточний приріст НК).

$\Delta \theta$ – економія навчального часу для підготовки фахівця в межах електронного курсу.

$h=1,2,\dots,n$ – де n загальна кількість учасників НП.

Для можливості визначення ефективності застосування комбінованих або принципово різних моделей ДО, необхідно прагнути до пошуку об'єктивних показників якості проведення заняття. Найбільш придатним є наведений середній рівень засвоєння інформації групою учасників НП, що використовують дану технологію ДО. Цей якісний показник засвоєння НК може бути представлений у вигляді наступної формули:

$$d_4 = (Q^{avg} - \sigma). \quad (8)$$

Зауважимо, що тут:

d_4 – дидактичний показник засвоєння навчального контенту на занятті.

Q^{avg} – середній рівень засвоєння навчальної інформації в групі учасників НП.

σ – середнє розсіювання значень рівня засвоєння навчальної інформації.

Відмітимо, що показник d_4 визначений в (8) треба обов'язково зіставляти з показником науковості d_5 , який оцінює ступінь науковості

Таблиця 1

Зміна швидкості засвоєння НК (біт інформації) в межах електронного заняття

Етап 1	Етап 2	Етап 3	Етап 4	Етап 5	Етап 6
$E_1 = 3.5$	$E_2 = 16.9$	$E_3 = 15.5$	$E_4 = 11.7$	$E_5 = 8.9$	$E_6 = 1.3$
$I_1 = 21$	$I_2 = 172$	$I_3 = 154$	$I_4 = 120$	$I_5 = 43$	$I_6 = 9$

навчального матеріалу в межах заняття. Ступінь абстракції (складності НК) у викладі навчальної інформації в межах електронної ДО вибирають залежно від підготовленості (індивідуальних показників) учасника НП, або адаптуючи виклад матеріалу до його можливостей. Якщо прийняти, що шкала ступенів абстракції (складності НК) являє собою шкалу інтервалів, то для оцінки ступеня науковості електронного НП коефіцієнт науковості d_5 можна представити у вигляді формули:

$$d_5 = (\lambda_{int} / \lambda_{all}). \quad (9)$$

Зауважимо, що тут:

λ_{int} – рівень абстракції блоку (модулю) НК на основі опису навчального матеріалу.

λ_{all} – загальний рівень абстракції НК на основі опису навчального матеріалу.

Зауважимо, що зниження показника науковості (d_5) веде до скорочення обсягів навчальної інформації те не сприяє навчальному прогресу учасників НП. Отже, показники (d_4, d_5) по кінцевому результату мають досить високу інформативністю про якість виконаного навчального процесу та досить легко обчислюються в межах фінальної оцінки.

Аналогічно – до формування показника елементарного показника d_5 , запропонуємо схему формування базового показника d_6 (який тісно з ним пов'язаний) для моделі оцінки якості електронного НП (компонента НП). Отже, показник тематичної складності навчального контенту (в межах компоненту ДО) можна сформулювати в наступному вигляді:

$$d_6 = \lambda_{all} / \left(z * \sum_{j=1}^k \tau_j \right). \quad (10)$$

Зауважимо, що тут:

z – загальна кількість ПНК (блоків НК) на навчальному занятті (або в межах компоненту електронного НП).

λ_{all} – загальний рівень абстракції НК.

τ_j – загальна тривалість j -ого етапу навчального заняття.

$\sum_{j=1}^k \tau_j$ – загальні витрати навчального часу на засвоєння НК в межах навчального заняття (електронного курсу, компонента електронного НП), тобто елементарний дидактичний показник (d_2).

Відмітимо, що важливим базовим дидактичним показником є показник прикладної компоненти навчального контенту d_7 , який характеризується прикладним компонентом електронного курсу (електронного НП). Отже, зважаючи на все вище сказане доцільно ввести показник прикладної компоненти НП d_7 в наступній формі:

$$d_7 = \left(\sum_{i=1}^x \beta_i / \sum_{j=1}^k \tau_j \right). \quad (11)$$

Зауважимо, що тут:

x – загальна кількість типів організації прикладної компоненти в межах електронного НП (електронного курсу або заняття).

i – організаційний тип прикладної компоненти в межах електронного НП (електронного курсу або заняття).

k – загальна кількість етапів навчального заняття (електронного курсу, компоненту електронного НП).

τ_j – загальна тривалість j -ого етапу навчального заняття (електронного курсу, компоненту електронного НП).

β_i – ресурсні витрати навчального часу на засвоєння i -вої прикладної компоненти в межах електронного НП (електронного курсу або заняття).

$\sum_{j=1}^k \tau_j$ – загальні витрати навчального часу на засвоєння НК в межах навчального заняття (електронного курсу, компонента електронного НП).

Відмітимо, що для проведення контролю рівня засвоєння навчального матеріалу в межах НП визначається той мінімальний обсяг інформації, який повинен бути засвоєний кожним учасником НП по даній темі з рівнем засвоєння d_4^{Main} не нижче необхідного d_4^{PT} (тобто $d_4^{Main} \geq d_4^{PT}$). Отже, для електронного НП питання з проведенням контролю не стоїть так гостро, як для традиційних моделей НП. Охоплення при проведенні контролю сягає 100%.

Відмітимо, що на етапі перевірки ступеня стомлення учасника НП визначається параметр (d_4^{Main}) для виданого блоку (пакету) НК та при невідповідності його необхідному, проводиться повтор базису пройденого навчального матеріалу. Зрозуміло, що загальна кількість повторів (блоків НК) буде для кожного учасника НП своя – до досягнення відповідно значень d_4^{PT} . Відмітимо, що визначення рівня засвоєння учасником НП навчальної інформації, видається йому на занятті (d_4^{PT}) _{j,h} проводиться за методикою, яка прийнята для j -го типу організації навчального заняття. Тут ($h=1,2,\dots,n$), де n – загальна кількість учасників НП.

На даному етапі виникає проблема накопичення незадовільних оцінок через об'єктивну неможливість учасника НП зробити дії, що приносять йому позитивну оцінку при контролі якості знань. Цією об'єктивною неможливістю може бути ступінь його стомлення внаслідок різних факторів, що впливають на учасника НП при

вивченні виданого на занятті НК. Тоді як відкоригований рівень засвоєння НК учасником НП (ступінь засвоєння навчальної інформації на заданому рівні засвоєння) можна визначити за формулою:

$$d_8^j = d_8^{j,h} * \alpha_h. \quad (12)$$

Зауважимо, що тут:

α_h – фіксований коефіцієнт стомленості h -ого учасника НП.

j – організаційний тип навчального заняття.

$h = 1, 2, \dots, n$ – де n загальна кількість учасників НП.

Відмітимо, що важливим одиничним дидактичним показником організації електронного заняття є коефіцієнт активності учасників НП на занятті. Тоді коефіцієнт активності учасників НП на занятті можна визначити за формулою:

$$d_9^j = \frac{\sum_{i=1}^z (\rho_i * n_i^{act} + n_i^{ilk}) / 2n}{z}. \quad (13)$$

Зауважимо, що тут:

n_i^{act} – загальна кількість учасників НП, які активно задають питання на протязі обговорення i -ого ПНК (блоку НК).

n_i^{ilk} – загальна кількість учасників НП, які активно приймають участь в навчальному обговоренні i -ого ПНК (блоку НК).

n – загальна кількість учасників НП в даній навчальній групі.

z – загальна кількість ПНК (блоків НК) на навчальному занятті.

ρ_i – показник навчальної складності i -ого ПНК (блоку НК).

d_9^j – показник рівня активності групи учасників НП на навчальному занятті j -го організаційного типу.

На наступному етапі зафіксуємо, що важливим базовим показником, який характеризує загальну ефективність НП довільної форми та моделі організації, є показник навчальної зацікавленості результатами учасників НП – d_{10} . Як вже було сказано в межах даного дослідження раніше, на етапі визначення основних метрик оцінки ефективності НП, можна застосувати метрику Transformation Rate (або похідну від неї з врахуванням специфіки НП, наближену до d_{10}). При аналізі елементарних дидактичних показників – нас буде цікавити і аналітичне представлення показника d_{10} в наступній формі:

$$d_{10} = \left(\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^c g_{i,j} \right) \right) / (n * c). \quad (14)$$

Зауважимо, що тут:

n – загальна кількість учасників НП в навчальній групі (в межах компоненту електронного НП).

c – загальна кількість формалізованих навчальних цілей (задач) в межах освітнього процесу.

$g_{i,j}$ – формалізована j -ва навчальна ціль (задача) i – вого учасника НП. Тут $g_{i,j} = 1(True)$, якщо навчальна ціль (задача) досягнута (виконана) в межах електронного НП (компоненту НП), та $g_{i,j} = 0(False)$ в протилежному випадку.

Висновки. Підсумуємо – апріорна оцінка дидактичної ефективності електронного НП може бути забезпечена на основі аналізу моделі, що враховує рівень навчальної підготовки учасників НП, ефективність застосування методів ДО

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

$$D^{Main} = \varphi(d_1, \dots, d_{10}). \quad (15)$$

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:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n s_i}. \quad (16)$$

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 (15) в вираз (16), отримаємо наступне рівняння вигляду:

$$D^{Main} = \sqrt[10]{\prod_{i=1}^{10} s(d_i)}. \quad (17)$$

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 (17). В якості критерію оцінки – виступає шкала бажаності.

Отже, підсумуємо – оцінка узагальненого дидактичного показника якості електронного НП зводиться до агрегування елементарних дидактичних показників.

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:

$$s = \exp(-\exp(-l)). \quad (18)$$

Зрозуміло, що принципово можливо побудувати графік функції $s(l)$ – на основі формули (18). 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. 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 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., Tokkuliyeveva 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. Siegel K. iSpring Suite 9: The Basics. Riva (USA): IconLogic Incorporated, 2020. 119 p.
7. Wit H., Ferencz I., Rumbley L. International student mobility: European and US perspectives. *Perspectives: Policy and Practice in Higher Education*. 2013. Vol. 17, Iss. 1. P. 17-23.
8. Revilova O., Santos O., Restrepo E. G. WCAG 2 in simple terms. Madrid (Spain): Itákora Press, 2015. 53 p.
9. Education at a Glance 2011. Paris (France): OECD Publishing, 2011. 320 p.
10. 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.
11. Caudill B., Banks D. Pocket instruction for SCORM. West Palm Beach (Florida, USA): JCASolutions, 2006. 114 p.
12. 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.
13. Chiasson A. Mastering Articulate Storyline. Birmingham (UK):Packt Publishing, 2016. 28 p.

Leheza A.V., Povkhan I.F., Saroz V.Ya., Yakovlev V.O. GENERAL SCHEME FOR CONSTRUCTING A SET OF BASIC DIDACTIC INDICATORS IN THE MODEL OF EFFECTIVENESS OF THE ELECTRONIC LEARNING PROCESS

An effective method for synthesizing a set of elementary didactic indicators of the quality of the electronic educational process in the method of evaluating the effectiveness of a component of the educational process is constructed. A set of elementary didactic indicators is defined, which allows us to effectively assess the quality of distance learning methods (tools, information models) based on arbitrary organizational schemes and models. The developed method of constructing elementary didactic indicators allows you to work with organizational schemes of the electronic educational process of arbitrary complexity (distance learning methods), provides high accuracy of the assessment model, rationally uses the hardware resources of the educational information system in the process of generating the final model of performance assessment, allows you to build models (organizational schemes) with a pre-set accuracy. An effective scheme for constructing elementary indicators of the quality of the component of the electronic educational process in the form of a set of discrete features is proposed, which allows bypassing the limitations of traditional methods for evaluating models (components) of the educational process. Such a scheme for constructing elementary didactic indicators can significantly reduce the computational complexity of the model for evaluating the effectiveness of components of the electronic educational process in comparison with other quality assessment models and ensure the necessary, regulated accuracy of the final rule for evaluating effectiveness. An approach to

synthesizing sets of elementary didactic indicators based on primary educational characteristics and methods for evaluating components of the electronic educational process is proposed. This approach to the synthesis of a set of elementary didactic indicators will allow us to comprehensively build new models for evaluating the effectiveness of components of the electronic educational process based on the modular principle. Based on the proposed scheme for constructing a vector of elementary didactic indicators, a general method for evaluating the effectiveness of components of the electronic educational process is proposed. This approach to assessing the quality components of the educational process allows you to effectively work with the tools of distance education methods with arbitrary organizational schemes and models. The constructed schemes for selecting sets of elementary didactic indicators ensured the absence of errors in evaluating the effectiveness of components of the electronic learning process, confirmed the operability of this approach in the tasks of assessing the quality of distance learning methods and tools.

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

Дата надходження статті: 03.09.2025

Дата прийняття статті: 15.09.2025

Опубліковано: 16.12.2025