

КОМПЛЕКСНА МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Лаптев О.А. (ORCID: 0000-0003-3164-8582)¹,

Гришанович Т.О. (ORCID: 0000-0002-3595-6964)²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка

²Волинський національний університет імені Лесі Українки

COMPREHENSIVE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE DISTANCE LEARNING SYSTEM

Laptev O.A.¹, Hryshanovych T.O.²

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv

²Lesya Ukrainka Volyn National University

Abstract. The current pace of development of information technologies has created conditions for a wide range of tools for providing educational services using distance learning technologies. Confirmation of this is the activation of the use of distance learning systems in the conditions of sanitary and epidemiological restrictions and martial law.

The existing scientific and methodological framework for researching the quality of the functioning of distance learning systems is mostly based on approaches to separate evaluation of the effectiveness of their components and relevant quality indicators. This limits the opportunities to take into account significant factors in the process of making relevant decisions and requires a comprehensive consideration of the contributions of relevant subsystems to the results of the functioning of the distance learning system.

To address this issue, the article presents a comprehensive methodology for evaluating the effectiveness of the functioning of a distance learning system based on probability theory and the analysis of hierarchies. The methodology describes the patterns of the impact of the importance level and contributions of its subsystems on the effectiveness indicator of the distance learning system.

The using of the mentioned methodology enables the prediction of the results of the joint functioning of the relevant subsystems of the distance learning system, taking into account their contribution to the overall result.

Keywords: methodology, efficiency, distance learning, quality indicator.

Вступ. Сучасні тенденції розвитку освітніх технологій, а також основні напрямки державної політики України у цій сфері потребують спрямування зусиль на розвиток дистанційного навчання як одного з дієвих інструментів реалізації моделі безперервного навчання [1]. Актуалізація цього питання набирає характерних ознак в умовах санітарно-епідемічних обмежень у світових масштабах і потребує удосконалення процедур надання якісних освітніх послуг.

Дистанційне навчання (ДН) – особлива форма цілеспрямованого процесу засвоєння знань, умінь і навичок, характерною особливістю якої є взаємодія віддалених учасників навчального процесу у спеціалізованому середовищі, яке функціонує на базі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій [2].

Технології дистанційного навчання можуть бути використані в інших формах навчання: очній, заочній та змішаних формах, системі перепідготовки та підвищення кваліфікації, системі індивідуальної підготовки під час вивчення окремих дисциплін (тем) або блоків дисциплін.

Світові тенденції розвитку дистанційного навчання у передових країнах світу вказують на намагання забезпечити, з одного боку, наближення віртуального навчального середовища до реального життя через використання технологій імітаційного моделювання та гейміфікацію, з іншого – здійснення навчання з урахуванням індивідуальних можливостей та наявних знань тих, хто навчається.

Розглядаються можливості використання результатів проходження дистанційних навчальних курсів з метою відбору персоналу для участі у конкретних операціях (місіях) із урахуванням відповідних вимог. Перспективні засоби дистанційного навчання мають забезпечити ефективну індивідуальну підготовку відповідних фахівців з урахуванням прикладної необхідності та можливостей, впровадження рейтингової системи їх оцінювання на рівні відомств, а також дистанційне підвищення кваліфікації [4–7].

Аналіз тенденцій удосконалення освіти показав, що найдоцільнішим виглядає застосування змішаного навчання із використанням різних форм навчання. Використання технологій дистанційного навчання дасть змогу поряд з підвищенням якості освіти за рахунок використання новітніх технологій знизити витрати на освіту завдяки значному зниженню потреби у навчальних аудиторіях та відповідному обладнанні, зменшенню термінів та кількості відряджень тих, хто навчається, до місць проведення навчання, мінімізації необхідної кількості друкованих видань тощо.

Тому розробка комплексної моделі безперервної освіти на основі відповідних наукових методів є актуальною задачею.

Дистанційне навчання становить сучасну складно організовану форму освіти, здатну задовольнити освітні потреби користувачів незалежно від їх просторового й часового розташування відносно освітніх установ. Воно містить у собі засоби, процес і відповідний освітнім стандартам результат реалізованої за допомогою телекомунікаційних технологій взаємодії викладача та учня у специфічному інформаційно-освітньому середовищі [1].

У [1] розглядається складові дистанційного навчання, які не можуть існувати й розглядатися окремо. Однак слід зазначити, що саме ефективні організація, наповнення та використання інформаційно-освітнього середовища є необхідною умовою високої якості дистанційного навчання і, у поєднанні з ефективною методикою викладання, дають можливість ефективно функціонувати системі в цілому. При цьому значну роль відіграє комплекс програмних засобів дистанційного навчання, який складається із: засобів організації та управління навчанням, засобів розроблення ресурсів дистанційного навчання (у першу чергу – дистанційних курсів), засобів організації взаємодії між викладачем та учнями і учнями між собою (засоби вебкомунікацій).

У [1] основну увагу приділено відокремленому оцінюванню окремих елементів системи та показників якості їх функціонування, зокрема процесів розробки навчального контенту, програмних продуктів тощо. Однак, комплексного урахування характеру впливу і внеску у результат функціонування системи дистанційного навчання в цілому не описано.

У [1] при оцінюванні за показниками якості не приділено уваги комплексному оцінюванню за відповідними показниками якості і об'єму задоволених потреб (заявок) споживачів освітніх послуг. Зокрема додаткового врахування потребують результати функціонування підсистем нормативно-правового забезпечення; організаційного забезпечення; науково-методичного забезпечення; інформаційно-телекомунікаційного забезпечення; математичного та програмного забезпечення; матеріально-технічного забезпечення; кадрового забезпечення; фінансово-економічного забезпечення.

Аналіз сучасної літератури показав, що не розкрито у повній мірі процес спільного функціонування підсистем, який забезпечує виконання завдань системи дистанційного навчання. Урахування характеру показників навчання та їх впливу на показники ефективності може стати основою для визначення напрямів досягнення очікуваних результатів. Тому існує гостра необхідність удосконалення відповідного науково-методичного апарату та створення комплексної методики оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання.

Метою статті є розробка комплексної методики оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання, опис основних положень розробленої комплексної методики та оцінки її ефективності.

Методологія дослідження. В основу методики покладено комплексний підхід до оцінювання ефективності функціонування системи ДН на основі урахування внесків підсистем нормативно-правового, організаційного, науково-методичного, інформаційно-телекомунікаційного, математичного та програмного, матеріально-технічного, кадрового, фінансово-економічного забезпечення. Вона базується на методах теорії ймовірностей [15] та аналізу ієрархій [16] для опису впливу важливості внесків підсистем системи ДН.

Структурно-логічна схема методики оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання подана на рис. 1.

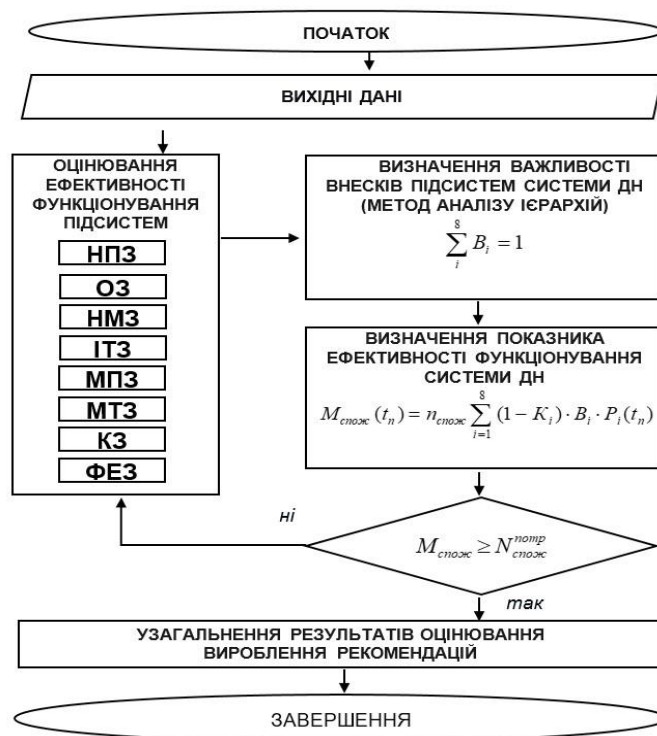


Рис. 1. Структурно-логічна схема методики оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання

У блоці “Вихідні дані” формуються вихідні дані щодо: завдань системи та її підсистем, укомплектованості підрозділів дистанційного навчання та забезпеченості технічними засобами навчання, кількості споживачів та потреб у освітніх послугах, що необхідно задовільнити.

У блоці “Оцінювання ефективності функціонування підсистеми СДН” визначаються показники ефективності функціонування підсистеми СДН – ймовірності виконання завдань підсистемами нормативно-правового, організаційного, науково-методичного, інформаційно-телекомунікаційного, математичного та програмного, матеріально-технічного, кадрового, фінансово-економічного забезпечення системи ДН як функції ступеня реалізації комплексу відповідних заходів.

У блоці “Визначення важливості внесків підсистем системи ДН” за допомогою методу аналізу ієрархій (МАІ) проводиться визначення важливості внесків підсистем

нормативно-правового, організаційного, науково-методичного, інформаційно-телекомунікаційного, математичного та програмного, матеріально-технічного, кадрового, фінансово-економічного забезпечення у результат (ефективність) функціонування системи ДН.

За допомогою МАІ описується вплив формалізованих і не формалізованих факторів на ступінь важливості внесків підсистем за відсутності аналітичних залежностей між ними. Головною перевагою методу є раціональне сполучення суб'єктивних оцінок фахівців щодо відносної важливості основних характеристик та об'єктивних (розрахункових) параметрів процесів, що характеризують властивості підсистем. Для опису властивостей підсистем обрано: кількість завдань, що покладаються на підсистеми; середнє значення продуктивності виконання типових технологічних операцій виконавчими елементами відповідних підсистем; кількість виконавчих елементів зі складу кожної з підсистем.

На кожному рівні ієрархії здійснюється складання необхідної кількості матриць парних порівнянь – по одній матриці для кожного елемента, який прилягає зверху до відповідного рівня ієрархії. Здійснюється формування з групи матриць парних порівнянь локальних пріоритетів, які характеризують вплив множини елементів на елемент, який прилягає зверху до відповідного рівня ієрархії. Далі визначається глобальний пріоритет та перевіряється узгодженість усієї ієрархії.

Передбачається ранжування проблеми у вигляді ієрархії. Ієрархія будується з вершини – це загальна ціль проблеми, визначення важливості внесків підсистем нормативно-правового, організаційного, науково-методичного, інформаційно-телекомунікаційного, математичного та програмного, матеріально-технічного, кадрового, фінансово-економічного забезпечення (рис. 2).

Першим етапом визначення пріоритетів параметрів (характеристик) підсистем є їх експертна оцінка.

Для цього використовуються результати експертного оцінювання групою експертів у цій галузі. Особа, яка приймає рішення при побудові ієрархії, повинна вникнути в проблему. Від цього етапу залежать кінцеві результати прийняття рішень.

Вважається, що оптимальна за чисельністю група експертів становитиме 10-15 осіб. У цьому випадку імовірність істинності колективного експертного висновку дорівнює приблизно 0,8 [16].

На наступному рівні ієрархічної структури подані характеристики підсистем, які впливають на величини внесків відповідних підсистем СДН:

- кількість завдань, що покладаються на підсистеми;
- середнє значення продуктивності відповідних виконавчих елементів підсистем;
- кількість виконавчих елементів зі складу кожної з підсистем.

Співвідношення показників між собою за важливістю на кожному з рівнів ієрархічної структури визначаються методом парних порівнянь на основі суджень спеціалістів-експертів за шкалою відносної важливості.

Результати обчислювання локальних пріоритетів для нижчого рівня ієрархії є вихідними даними для визначення такого показника, як важливість внесків результатів функціонування підсистем у результаті (ефективність) функціонування СДН.

Таким чином, використання методу аналізу ієрархій для оцінювання важливості внеску кожної підсистеми в результаті функціонування системи дистанційного навчання є змістовною частиною методики оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання.

У блоці “Визначення показника ефективності функціонування системи ДН” визначається математичне сподівання кількості споживачів, чії потреби у освітніх послугах були задоволені $M_{\text{спож}}$.

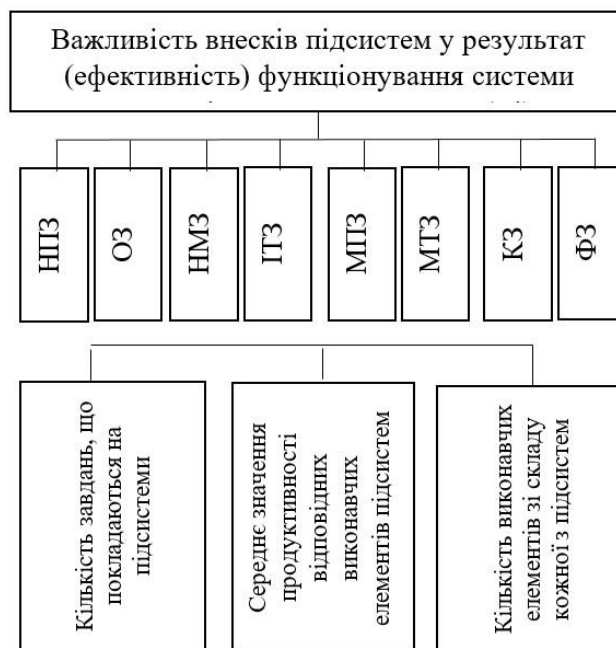


Рис. 2. Ієрархічне зображення задачі визначення важливості внесків підсистем у результат (ефективність) функціонування системи дистанційного навчання

За результатами оцінювання показників ефективності функціонування системи ДН у зазначеному блоці проводиться порівняння значення показника ефективності із його потрібним значенням $M^{потр}_{спож}$, при якому забезпечується виконання завдань системою дистанційного навчання (1)

$$M_{спож} \geq N_{спож}^{потр}. \quad (1)$$

За умови задоволення вимог до рівня ефективності СДН у наступному блоці проводиться узагальнення результатів оцінювання та формуються практичні рекомендації щодо проведення комплексу заходів.

1. Формування вихідних даних щодо завдань i -ї підсистеми СДН (N_i), середнє значення продуктивності виконання завдань i -ю підсистемою (μ_i), кількість виконавчих елементів підсистеми з урахуванням укомплектованості підрозділів дистанційного навчання та забезпеченості технічними засобами навчання (n_i):

- $R_1 = \{n_1, \mu_1, N_1\}$ – нормативно-правове забезпечення;
- $R_2 = \{n_2, \mu_2, N_2\}$ – організаційне забезпечення;
- $R_3 = \{n_3, \mu_3, N_3\}$ – науково-методичне забезпечення;
- $R_4 = \{n_4, \mu_4, N_4\}$ – інформаційно-телекомунікаційне забезпечення;
- $R_5 = \{n_5, \mu_5, N_5\}$ – математичне та програмне забезпечення;
- $R_6 = \{n_6, \mu_6, N_6\}$ – матеріально-технічне забезпечення;
- $R_7 = \{n_7, \mu_7, N_7\}$ – кадрове забезпечення;
- $R_8 = \{n_8, \mu_8, N_8\}$ – фінансово-економічне забезпечення.

2. Оцінювання ефективності функціонування підсистеми СДН здійснюється за показниками ефективності функціонування її підсистеми – ймовірностей виконання завдань підсистемами нормативно-правового, організаційного, науково-методичного, інформаційно-телекомунікаційного, математичного та програмного, матеріально-технічного, кадрового, фінансово-економічного забезпечення системи ДН як функції ступеня реалізації комплексу відповідних заходів

$$P_i(t_n) = \frac{M_i(t_n)}{N_i} = n_i \frac{\mu_i t_n}{N_i} \quad (2)$$

3. Визначення важливості внесків підсистем системи ДН.

Вибір параметрів підсистем СДН здійснюється на підставі завдань кожної з підсистем [2] (табл. 1).

Таблиця 1. Параметри підсистем СДН

Показник	Назва	Позначення
П1	Кількість виконавчих елементів підсистеми	n_i
П2	Середнє значення продуктивності виконання завдань підсистемою	μ_i
П3	Кількість завдань, що виконує підсистема	N_i

3. Визначення відносної важливості складових системи ДН. Експертами використовується шкала від 1 до 9 (табл. 2):

Таблиця 2. Шкала відносної важливості

Кількісна оцінка інтенсивності відносної важливості	Якісна оцінка інтенсивності відносної важливості	Пояснення
1	Рівна важливість	Рівний вклад двох параметрів
3	Помірна перевага одного над іншим	Досвід і судження дають легку перевагу одного параметру над іншим
5	Суттєва або сильна перевага	Досвід і судження дають сильну перевагу одного параметру над іншим
7	Значна перевага	Один параметр має настільки сильну перевагу, що вона стає практично значною
9	Дуже сильна перевага	Очевидність переваги одного параметру над іншим підтверджується найбільш сильно
2, 4, 6, 8	Проміжне рішення між двома сусідніми судженнями	Застосовуються в компромісному випадку

Формування матриці попарних порівнянь (табл. 3), де розміщуються оцінки експертів у вигляді відношень ваг i -го і j -го елемента (ω_i/ω_j), які визначаються шляхом оцінки важливості i -го елемента у порівнянні з j -м по відношенню до визначеного елемента попереднього рівня.

Таблиця 3. Матриця попарних порівнянь пріоритетів параметрів підсистем СДН

Показник	П1	П2	П3	Середнє геометричне	Вагові коефіцієнти	Індекс узгодженості
П1	1	ω_1/ω_2	ω_1/ω_3	a_1	X_1	$r_1 X_1$
П2	ω_2/ω_1	1	ω_2/ω_3	a_2	X_2	$r_2 X_2$
П3	ω_3/ω_1	ω_3/ω_2	1	a_3	X_3	$r_3 X_3$
				$\sum_i a_i$	1	λ_{\max}
Сума	r_1	r_2	r_3			

4. Обчислюється власний вектор матриці оцінок для визначення значущості кожного елементу. Для цього компоненти рядків перемножуються і потім добувається корінь M -го ступеня

$$a_i = \sqrt[M]{(\omega_i/\omega_1)(\omega_i/\omega_2)(\omega_i/\omega_3)}. \quad (3)$$

5. Здійснюється нормалізація середніх геометричних (отримується оцінка вектора пріоритетів)

$$B_i = \frac{a_i}{\sum_i a_i}, i=1, M; \sum_i B_i = 1. \quad (4)$$

6. Узгодженість матриць попарних порівнянь характеризується індексом узгодженості. Для цього визначається сума елементів кожного стовпця матриці попарних порівнянь $r_j, j=1, M$, обчислюється величина λ_{\max} за формулою

$$\lambda_{\max} = r_1 X_1 + r_2 X_2 + \dots + r_M X_M. \quad (5)$$

7. Індекс узгодженості визначається таким чином:

$$IY = \frac{\lambda_{\max} - M}{M - 1}, M > 1 \quad (6)$$

Для обернено-симетричної матриці завжди $\lambda \geq M$.

8. У табл. 4 наведені середні узгодженості для випадкових матриць різного порядку.

Таблиця 4. Середні узгодженості для випадкових матриць

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середня випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Відношення узгодженості (ВУ) визначається відношенням ІУ до числа, яке відповідає випадковій узгодженості матриці того ж порядку. Величина ВУ повинна бути не більше 10%. Коли ВУ перевищує ці межі, необхідно дослідити правильність постановки задачі та перевірити судження експертів.

Далі аналогічно визначається власний вектор для кожної матриці попарних порівнянь.

Таблиця 5. Матриця парних порівнянь пріоритетів завдань підсистем СДН

Підсистема	НПЗ	ОЗ	НМЗ	ІТЗ	МПЗ	МТЗ	КЗ	ФЕЗ
НПЗ	1	N_1/N_2	N_1/N_3	N_1/N_4	N_1/N_5	N_1/N_6	N_1/N_7	N_1/N_8
ОЗ	N_2/N_1	1	N_2/N_3	N_2/N_4	N_2/N_5	N_2/N_6	N_2/N_7	N_2/N_8
НМЗ	N_3/N_1	N_3/N_2	1	N_3/N_4	N_3/N_5	N_3/N_6	N_3/N_7	N_3/N_8
ІТЗ	N_4/N_1	N_4/N_2	N_4/N_3	1	N_4/N_5	N_4/N_6	N_4/N_7	N_4/N_8
МПЗ	N_5/N_1	N_5/N_2	N_5/N_3	N_5/N_4	1	N_5/N_6	N_5/N_7	N_5/N_8
МТЗ	N_6/N_1	N_6/N_2	N_6/N_3	N_6/N_4	N_6/N_5	1	N_6/N_7	N_6/N_8
КЗ	N_7/N_1	N_7/N_2	N_7/N_3	N_7/N_4	N_7/N_5	N_7/N_6	1	N_7/N_8
ФЕЗ	N_8/N_1	N_8/N_2	N_8/N_3	N_8/N_4	N_8/N_5	N_8/N_6	N_8/N_7	1

Аналогічно формуються матриці парних порівнянь пріоритетів продуктивності μ_i та виконавчих елементів n_i .

Визначається інтегральний показник важливості внесків підсистем системи ДН.

$$B_1 = X_1 \cdot X_1 (N_1) + X_2 \cdot X_2 (N_2) + \dots + X_8 \cdot X_8 (N_8)$$

$$B_2 = X_1 \cdot X_1 (\mu_1) + X_2 \cdot X_2 (\mu_2) + \dots + X_8 \cdot X_8 (\mu_8)$$

$$B_8 = X_1 \cdot X_1 (n_1) + X_2 \cdot X_2 (n_2) + \dots + X_8 \cdot X_8 (n_8)$$

Таблиця 6. Матриця важливості внесків підсистем СДН

Підсистема	B_i
НПЗ	B_1
ОЗ	B_2
НМЗ	B_3
ІТЗ	B_4
МПЗ	B_5
МТЗ	B_6
КЗ	B_7
ФЕЗ	B_8

9. Визначення показника ефективності функціонування системи ДН проводиться як середньозважене значення ймовірності виконання завдання системою ДН $P_i(t_n)$ з урахуванням ступеня важливості результатів функціонування підсистем нормативно-правового, організаційного, науково-методичного, інформаційно-телекомунікаційного, математичного та програмного, матеріально-технічного, кадрового, фінансово-економічного забезпечення, а також негативного впливу суттєвих чинників на реалізацію потенційних можливостей системи

$$M_{\text{спож}}(t_n) = n_{\text{спож}} \sum_{i=1}^8 (1 - K_i) \cdot B_i \cdot P_i(t_n) . \quad (6)$$

10. Порівняння значення показника ефективності із його потрібним значенням, при якому забезпечується виконання завдань системою дистанційного навчання

$$M_{\text{спож}} \geq N_{\text{спож}}^{\text{потр}} \quad (8)$$

Результати дослідження та їхнє обговорення. Оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання ВНЗ здійснювалося для типової структури системи дистанційного навчання розгорнутої на платформі Moodle та можливих варіантів її використання в інтересах задоволення потреб споживачів у освітніх послугах, стану опрацьованості методів та способів надання освітніх послуг у ВНЗ.

Результати визначення важливості внесків підсистем системи дистанційного навчання показали (рис. 3), що найбільшу контрибуцію вносять підсистеми організаційного, науково-методичного, інформаційно-телекомунікаційного забезпечення.

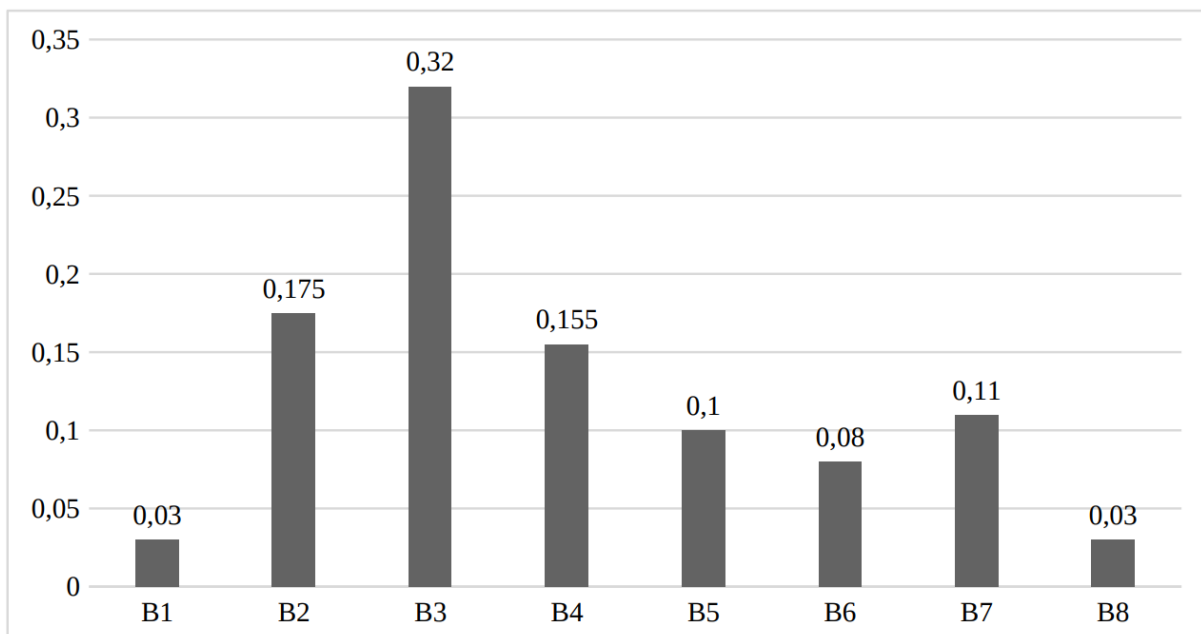


Рис. 3. Результати визначення показника важливості внесків підсистем системи дистанційного навчання ВНЗ розгорнутої на платформі Moodle

Саме внески у результат функціонування СДН є найвагомішими. Фізичним змістом значень показників є ступінь їх впливу на досягнення основної мети функціонування системи дистанційного навчання щодо задоволення потреб споживачів у освітніх послугах.

Водночас результати розрахунків дослідження показали, що ступінь відповідності ВНЗ вимогам до організаційного, кадрового, науково-методичного, матеріально-технічного, програмного та інформаційного забезпечення вищих навчальних закладів, закладів післядипломної освіти, наукових, освітньо-наукових установ [17] відтворюють суттєвий вплив на кожний із внесків підсистем $M_i(t_n)$. Проглядається загальна картина щодо можливості ВНЗ надання освітніх послуг з використанням технологій дистанційного навчання.

Такий підхід до аналізу дасть можливість визначення першочерговості проведення заходів щодо усунення невідповідностей та удосконалення відповідних видів забезпечення освітньої діяльності з використанням технологій дистанційного навчання.

Як видно із рис. 3 – рис. 4, враховуючи внесок в результат функціонування СДН B_i , особливої уваги заслуговують підсистеми забезпечення науково-методичного, організаційного, інформаційно-телекомунікаційного як найбільш вагомими контрибутори із низьким і середнім ступенем відповідності.

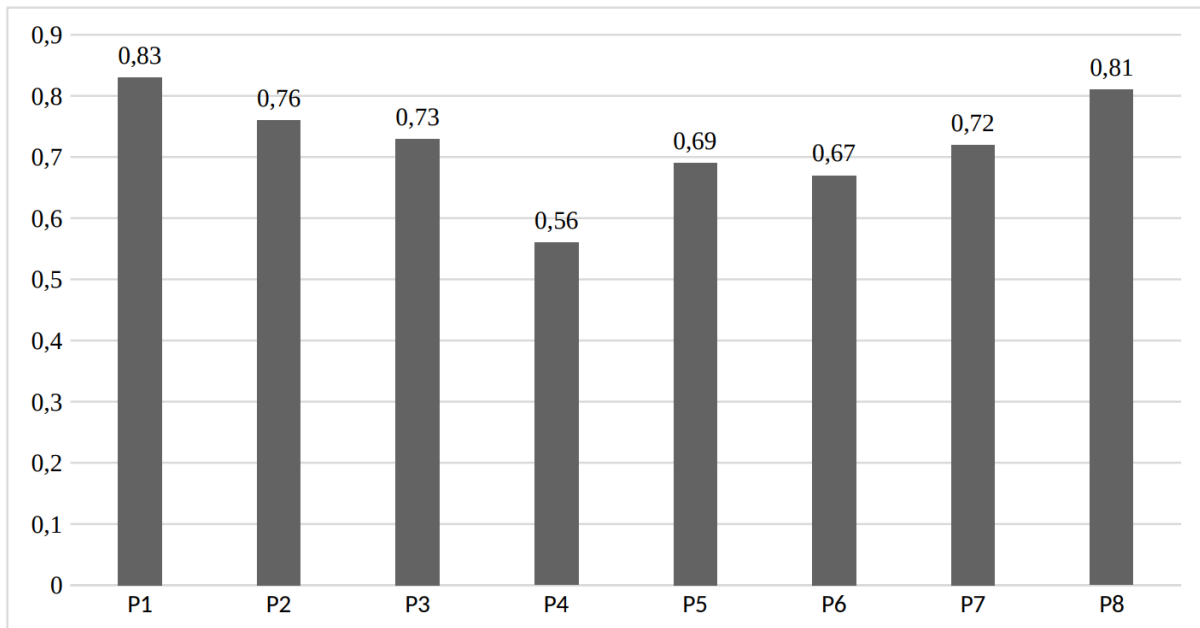


Рис. 4. Результати оцінювання спроможностей підсистем СДН

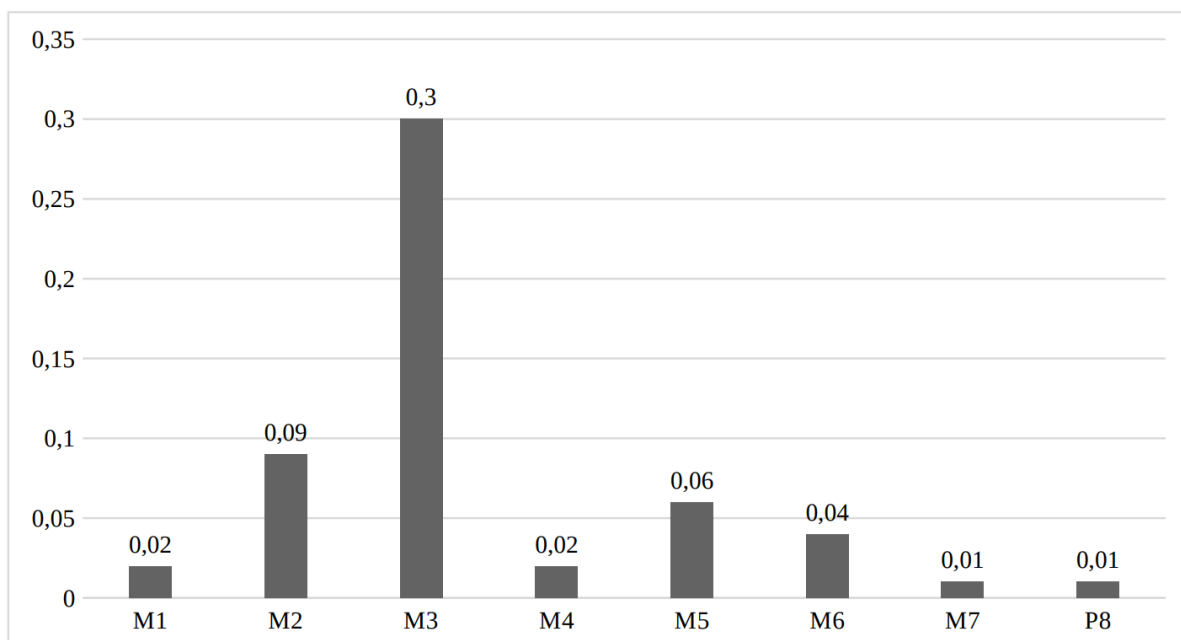


Рис. 5. Результати оцінювання внесків підсистем СДН

Пріоритетність другого рівня мають підсистеми забезпечення решти із групи низького рівня відповідності.

Водночас доцільно враховувати внески підсистем із першої групи. Їх удосконалення, в окремих випадках, може дати можливість завершення формування процедур забезпечення функціонування системи дистанційного навчання.

Підтвердженням цього судження є результати використання методики оцінювання ефективності функціонування системи. За існуючим варіантом показали спроможність до стійкого виконання завдань підсистеми із рівнем надійності $P_i(t_n) \geq 0,75$ [12], а саме: нормативно-правового, організаційного, фінансово-економічного забезпечення.

Урахування внесків відповідних підсистем у результат функціонування СДН показав, що, не дивлячись на середній ступінь відповідності вимогам, підсистема науково-методичного забезпечення здійснює найбільший внесок. В той же час такий результат оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання показав, що потреби споживачів системи у освітніх послугах можуть бути задоволені у межах не нижче 0,55.

Такий стан справ не задовольняє вимоги критерія оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання ВНЗ, а з урахуванням тенденцій зростання потреб споживачів в освітніх послугах потребує пошуку шляхів підвищення якості відповідних процесів.

Висновки. Основним показником ефективності функціонування системи дистанційного навчання обрано математичне сподівання кількості споживачів, потреби в освітніх послугах яких задоволені в результаті функціонування системи протягом тривалості підготовки. Даний показник є основною чисельною характеристикою можливостей системи дистанційного навчання щодо надання якісних освітніх послуг і може бути використаний для порівняльного оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання.

Запропонована в роботі комплексна методика оцінювання ефективності функціонування системи дистанційного навчання базується на методах аналізу ієрархій та аналітичного моделювання процесів надання освітніх послуг і забезпечує комплексне врахування внесків її підсистем у результат функціонування системи дистанційного навчання. Важливість внеску кожної підсистеми в результат функціонування системи дистанційного навчання визначається на основі методу аналізу ієрархій за результатами експертного оцінювання. Запропонована в роботі методика чутлива до опису впливу на результати функціонування підсистем кількості завдань, що виконуються, кількість виконавців і значень їх продуктивності та може бути використана для обґрунтування відповідних рекомендацій.

Бібліографія

1. Aaron Don M. Africa, Ara Jyllian A. Abello, Zendrel G. Gacuya, Isaiah Kyle A. Naco, Victor Antonio R. Valdes. Face Recognition Using MATLAB. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2019. Vol. 8, № 4. July-August. pp. 1110 – 1116.
2. Ara Jullion A. Abello, Gabriele Francesca Y., Domingo, Maria Jamelina T. Joven, Samanta Alexis S. Malubay. Power Measurement Model Optimization using MATLAB. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2019. Vol. 8, № 3, May – June. pp. 538 – 542.
3. Бакіко В.М., Попович П.В., Швайченко В.Б.. Визначення завадостійкості каналу зв'язку за випадкового впливу завад. Вісник НТУ "ХПІ" : зб. наук. пр. Харків : НТУ "ХПІ", 2018. № 14 (1290). сс. 7 – 10.
4. Churyumov G., Tokarev V., Tkachov V., Partyka S. Scenario of Interaction of the Mobile Technical Objects in the Process of Transmission of Data Streams in Conditions of Impacting the Powerful Electromagnetic Field. 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP). 2125 Aug. 2018. P. 183 – 186.

5. Fedorov E., Alrababah H., Nehad A. The distribution for mation method of reference patterns of vocal speech sounds. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2017. Vol. 6 (3), May - June, pp. 35 – 39.
6. Kulikov G.V., Nesterov A.V., Lelyuh A.A. Pomehoustoychivost priema signalov s kvadraturnoy amplitudnoy manipulyatsiyey v prisutstviy garmonicheskoy pomehi. *Zhurnal radioelektroniki*, № 11, 2018, pp. 41 – 49.
7. Laptiev O.A., Barabash O.V., Savchenko V.V., Savchenko V.A., Sobchuk V.V. The method of searching for digital means of illegal reception of information in information systems in the working range of Wi-Fi. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. India. 2019. Vol. 6, Issue 7. P. 10101 – 10105.
8. Laptiev O., Shuklin G., Savchenko V., Barabash O., Musienko A., Haidur H. The Method of Hidden Transmitters Detection based on the Differential Transformation Model. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2019. Vol. 8, №6, November- December. pp. 538 – 542.
9. Laptiev O.A., Polovinkin I.M., Klyukovskiy D.V., Barabash A.O. Model poshuku zasobiv neglasnogo otrimannya informatsiyi na osnovi diferentsialnyh peretvoren. *Sciences of Europe*. Praha, Czech Republic. 2019. Vol. 1. No 43. pp. 59 – 62.
10. Пархоменко А.Н., Штоцький Б.І. Перешкодостійкість типового тракту при виявленні сигналів з флуктуаційною амплітудою. *Міжнародний науково-технічний журнал*. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://radio.kpi.ua/article/view/S002134701982040219>.
11. Qualifying Requirements QR-160D (2004). *Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment*, ARIAC. 2004.
12. Serkov O., Breslavets V., Tolkachov M., Kravets V. Method of coding information distributed by wireless communication lines under conditions of interference. *Advanced Information Systems*. 2018. Vol. 2, No. 2. pp. 145 – 148.
13. Swets J. *A Signal detection theory and ROC analysis in psychology and diagnostics: Collected papers*. Psychology Press, 2014. SDR and CR Boost Wireless Communications [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.electronicdesign.com>
14. Weber C., Peter M., Felhauer T. Automatic modulation classification technique for radio monitoring. *Electronics Letters*. 2015. T. 51. №. 10. C. 794-796.
15. Bezruk V.M., Chebotareva D.V., Skorik Yu.V. Multicriteria analysis and selection of telecommunications facilities. *Kharkov: SMIT*. 2017. 267 p.

References

1. Aaron Don M. Africa, Ara Jyllian A. Abello, Zendrel G. Gacuya, Isaiah Kyle A. Naco, Victor Antonio R. Valdes. Face Recognition Using MATLAB. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2019. Vol. 8, № 4. July-August. pp. 1110 – 1116.
2. Ara Jullion A. Abello, Gabriele Francesca Y., Domingo, Maria Jamelina T. Joven, Samanta Alexis S. Malubay. Power Measurement Model Optimization using MATLAB. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2019. Vol. 8, № 3, May – June. pp. 538 – 542.
3. Bakiko V.M., Popovich P.V., Shvaychenko V.B. Vyznachennya zavadostiykosti kanalu zv'yazku za vipadkovogo vplivu zavod. *Visnyk Nats. tehn. un-tu "HPI" : zb. nauk. pr. . – Kharkiv : NTU "HPI"*, 2018. № 14 (1290). pp. 7 – 10.
4. Churyumov G., Tokarev V., Tkachov V., Partyka S. Scenario of Interaction of the Mobile Technical Objects in the Process of Transmission of Data Streams in Conditions of Impacting the Powerful Electromagnetic Field. 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP). 2125 Aug. 2018. P. 183 – 186.
5. Fedorov E., Alrababah H., Nehad A. The distribution for mation method of reference patterns of vocal speech sounds. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2017. Vol. 6 (3), May - June, pp. 35 – 39.
6. Kulikov G.V., Nesterov A.V., Lelyuh A.A. Pomehoustoychivost priema signalov s kvadraturnoy amplitudnoy manipulyatsiyey v prisutstviy garmonicheskoy pomehi. *Zhurnal radioelektroniki*, № 11, 2018, pp. 41 – 49.
7. Laptiev O.A., Barabash O.V., Savchenko V.V., Savchenko V.A., Sobchuk V.V. The method of searching for digital means of illegal reception of information in information systems in the working range of Wi-Fi. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. India. 2019. Vol. 6, Issue 7. P. 10101 – 10105.
8. Laptiev O., Shuklin G., Savchenko V., Barabash O., Musienko A., Haidur H. The Method of Hidden Transmitters Detection based on the Differential Transformation Model. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2019. Vol. 8, №6, November- December. pp. 538 – 542.

9. Laptiev O.A., Polovinkin I.M, Klyukovskiy D.V., Barabash A.O. Model poshuku zasobiv neglasnogo otrimannya informatsiyi na osnovi diferentsialnyh peretvoren. Sciences of Europe. Praha, Czech Republic. 2019. Vol. 1. No 43. pp. 59 – 62.
10. Parkhomenko A.N., Shotskyi B.I. Pereshkodostiikist tipovoho traktu pry vyavlenni syhnaliv z flukuatsiinoiu amplitudoiu. Mizhnarodnii naukovo-tekhnichnyi zhurnal. [Elektronnyi resurs] Rezhym dostupu: <http://radio.kpi.ua/article/view/S002134701982040219>.
11. Qualifying Requirements QR-160D (2004). Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, ARIAC. 2004.
12. Serkov O. Breslavets V., Tolkachov M., Kravets V. Method of coding information distributed by wireless communication lines under conditions of interference. Advanced Information Systems. 2018. Vol. 2, No. 2. pp. 145 – 148.
13. Swets J. A Signal detection theory and ROC analysis in psychology and diagnostics: Collected papers. Psychology Press, 2014. SDR and CR Boost Wireless Communications [Elektronnyi resurs] Rezhym dostupu: <http://www.electronicdesign.com>
14. Weber C., Peter M., Felhauer T. Automatic modulation classification technique for radio monitoring. Electronics Letters. 2015. T. 51. №. 10. C. 794-796.
15. Bezruk V.M, Chebotareva D.V., Skorik Yu.V. Multicriteria analysis and selection of telecommunications facilities. Kharkov: SMIT. 2017. 267 p.