

УДК 004.9

ОПТИМІЗАЦІЯ ІЄРАРХІЧНОЇ МОДЕЛІ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ СТУДМІСТЕЧКА

І. М. Терновий, О. Г. Хамула

*Українська академія друкарства
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

У статті розглядаються основні параметри, що впливають на ефективність проектування інформаційних систем для управління студентськими містечками. Проаналізовано важливість таких параметрів, як гнучкість і масштабованість системи, надання технічної підтримки, доступність інтерфейсу і простота використання, інтеграція зі сторонніми сервісами, безпека даних і зворотний зв'язок. Для даного дослідження використано метод попарних порівнянь. Також висвітлено переваги використання інформаційних систем, такі як підвищення комфорту студентів, покращення адміністративної ефективності, спрощення фінансових операцій, посилення безпеки, полегшення комунікації та оптимальне використання ресурсів. Аналіз підкреслює важливість застосування цілісного підходу до розробки інформаційних систем для задоволення потреб студентів, адміністраторів і технічного персоналу, а також для створення інтегрованого і безпечного середовища для всіх користувачів студмістечка.

Ключові слова: *фактори впливу, ієрархічна модель, метод попарних порівнянь, Саатті, інформаційна система, інформаційні технології, навчальний процес, студмістечко.*

Постановка проблеми. Сьогодні інформаційні технології проникають в усі сфери життя, і освіта не є винятком. Впровадження інформаційних систем в освітнє середовище - не просто тенденція, а нагальна потреба, викликана необхідністю оптимізувати процес навчання, оптимізувати управління навчальними закладами та забезпечити якісну освіту, доступну для всіх. Еволюція інформаційних технологій в освіті пройшла довгий шлях: від перших спроб використовувати комп'ютери в освітньому процесі до сучасних хмарних платформ та інтерактивних навчальних середовищ. Сьогодні інформаційні системи є невід'ємною частиною освітнього процесу, забезпечуючи ефективне управління, доступ до знань і нові форми навчання.

Сфера освіти постійно стикається з новими викликами, такими як збільшення обсягів інформації, індивідуалізація процесу навчання, забезпечення доступу до освіти для різних людей та оптимізація процесів управління. У цьому контексті інформаційні системи є потужним інструментом, здатним розв'язати багато нагальних проблем і відкрити нові можливості для розвитку освіти.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Актуальність досліджуваної проблеми підтверджується значною кількістю публікацій у науковій літературі.

В проведеному огляді основних досліджень останніх років визначено основні напрями досліджень та існуючі підходи до вирішення проблеми необхідності використання та впровадження інформаційних систем в освітнє середовище.

У міру того як суспільство просувається вперед у галузі знань і технологій, країнам потрібні навички навчання, щоб йти в ногу з науково-технічним прогресом. Локальні системи освіти, а значить, і освіту, неможливо відокремити від інших соціальних інститутів, національних і міжнародних взаємодій, які широко відомі в глобальному світі; у XXI столітті освіта відіграє центральну роль у створенні всіх змін і розвитку. Інформаційні технології в освіті вимагають впровадження певної культури. У статті [1] описується роль інформаційних технологій та їхнє місце в освіті в менш розвинених країнах, а також розглядається питання про те, як увійти в інформаційне суспільство і як використовувати інформаційні технології.

В іншій роботі [2] подано аналітичний огляд освітніх інновацій у США. У ній подано класифікацію інновацій, розглянуто бар'єри на шляху інновацій і запропоновано способи збільшення масштабу та швидкості інноваційних змін у системі освіти. Автори зазначають, що американська освіта відчайдушно потребує ефективних інновацій у масштабі, щоб допомогти досягти високих результатів навчання, необхідних для всієї системи. Інновації у сфері освіти мають бути спрямовані на теорію і практику викладання та навчання, а також на студентів, батьків, спільноти, суспільство та його культуру. Використання інформаційних технологій вимагає міцної теоретичної бази, заснованої на цілеспрямованих, систематичних дослідженнях і грамотній педагогіці. Одним із важливих напрямів досліджень та інновацій може стати економія коштів і часу в процесі навчання.

У дослідженні автора [3] розглядається онлайн-навчання серед аспірантів і студентів. Обговорюються наукові знання в галузі онлайн-навчання та викладання, а також раннє впровадження електронного навчання та електронного викладання. Автор зазначає, що у студентів дедалі більше бракує часу, і електронне навчання вирішує цю проблему новими та динамічними способами. Інтернет також є технологічною розробкою, яка здатна трансформувати та перебудувати традиційні моделі вищої освіти, не лише змінивши спосіб зберігання та доступу суспільства до знань, а й надавши навчальні матеріали та супутні ресурси, а також взаємодію з ними.

У своїй роботі [4] автор стверджує, що впровадження інформаційно-комунікаційних технологій уже давно посідає чільне місце у професійному мовному педагогічному дискурсі. Він стверджує, що їх впровадження підтримується в усьому світі, але залежить від місцевих особливостей. Інформаційна та комунікаційна грамотність сьогодні охоплює не лише володіння та експлуатацію пристроїв, а й уміння створювати контент, розв'язувати проблеми та дбати про цифрову безпеку. Автори зазначають, що директиви ЄС підтримують впровадження ІКТ у навчальні класи по всьому Євросоюзу. Однак у різних регіонах вони реалізуються по-різному, а держави-члени мають повну автономію в питаннях інтеграції технологій у програми підготовки вчителів. Також було підтверджено, що інвестиції в технологічне обладнання не призводять до автоматичного впровадження повноцінного

викладання в класі, а потребують методично добре підготовлених вчителів і підтримки з боку шкільного керівництва, щоб сприяти реалізації значущих ініціатив, на додачу до обладнання, яке є в класі. Крім того, не слід надмірно спрощувати складний характер класної кімнати та стосунків між учителем та учнем. Оскільки методологія та стосунки між учителем та учнем є складними питаннями, не варто ставити старих і молодих учителів у класичну опозицію «старе - минуле» та «нове - майбутнє». Ба більше, незважаючи на підтримку засобами масової інформації інклюзивного викладання ІКТ, вчителям необхідно зберігати критичний та професійний підхід до використання технологій. Оскільки методологія викладання ІКТ тісно пов'язана з методикою викладання предмета, стверджується, що інклюзія має ґрунтуватися на професійному судженні педагогів, а не слідувати за витребеньками, схваленими і пропагованими засобами масової інформації. Ширша інтеграція інформаційних і комунікаційних технологій має безліч переваг. Повідомляється, що використання ІКТ в освіті дає змогу учням справлятися з сучасними умовами праці, робить їх більш самостійними учнями, а технологічні пристрої стають для них інструментом навчання протягом усього життя. З іншого боку, саме вчитель несе відповідальність за впровадження інтеграції, оскільки наявність пристрою не означає, що його є сенс використовувати, і не призводить до того, що учні вмотивовані використовувати пристрій у навчальних цілях.

У роботі [5] автори зазначають, що онлайн-викладання та навчання у вищих навчальних закладах стає дедалі поширенішим через сучасні реалії. Вищі навчальні заклади визнали зростаюче значення онлайн-навчання в освіті в галузі інформаційних систем і технологій і тепер пропонують студентам онлайн-курси та програми, що використовують інформаційні технології. Однак ефективне проектування, розробка, викладання та оцінювання онлайн-курсів з інформаційних систем часто є складним завданням. Багато викладачів є новачками в онлайн-навчанні й потребують орієнтації та підготовки, щоб мати можливість проектувати, розробляти, викладати й оцінювати курси в онлайн-середовищі. Визнано, що ефективне викладання є ключем до успіху студентів на онлайн-курсах і до успіху онлайн-програм. Тому важливо, щоб адміністратори курсів і програм з інформаційних систем та викладачі дізналися про найкращі практики онлайн-навчання для успішного навчання студентів.

Застосування інформаційно-комунікаційних технологій та електронного навчання в системі освіти може слугувати потенційним покращенням лекційного та навчального процесу. В роботах [6, 7], говориться про важливість якнайшвидшого їх запровадження у навчальний процес через швидкий розвиток інформаційних систем і технологій. Тому в даних статтях було зроблено спроба зробити огляд можливих аспектів застосування інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі. Основна мета статей полягала в тому, щоб спонукати викладачів замислитися над тим, як застосовувати інформаційні технології на лекціях, оскільки це буде необхідно в майбутньому. Застосування їх у навчальному процесі може мати величезні можливості для моделювання, презентації та візуалізації навчальних матеріалів. Також зазначено, що включення інформаційних систем у навчальний процес може створювати великі проблеми для вчителів.

Незважаючи на великий інтерес до цієї теми, в існуючій літературі є певні прогалини та невідповідності. Аналіз останніх публікацій і статей, згаданих вище, вказує на необхідність подальших досліджень, особливо тих, що стосуються розробці та запровадженню комплексної автоматизації освітнього процесу з використанням всіх переваг, які надають інформаційні системи.

Мета. Визначення узгодженості експертних суджень та оптимізація ієрархічної моделі факторів проектування інформаційної системи для студмістечка.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дана стаття є продовженням попередніх досліджень, які стосуються визначення пріоритетності параметрів впливу на впровадження інформаційної системи в освітньому процесі. З попереднього дослідженнями, було побудовано вихідний граф зв'язків між факторами впливу на процес проектування інформаційної системи для студмістечка та виконано розрахунки для отримання ієрархічної моделі параметрів впливу. Даний граф (рис. 1) дозволяє наочно візуалізувати досліджувані системи. Для цього дослідження буде використано метод попарного порівняння. Його методологія полягає у порівнянні досліджуваних елементів в парх, тобто визначення переваги одного критерію над іншим.

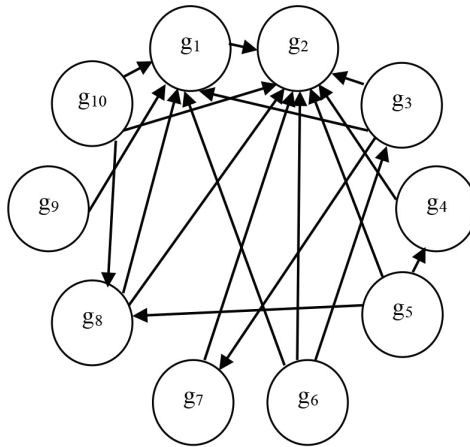


Рис. 1. Вихідний граф взаємозв'язків між факторами впливу

На першому етапі, при використанні даної методики, створюється квадратна матриця попарних порівнянь $G=(g_{ij})$. Вона формується за результатами оцінок експертів, тобто кожен експерт приймає рішення щодо множини факторів $G=\{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$. Важливою умовою при цьому є: врахувати наступне, коли фактор g_i має однакову відносну важливість з g_j , тоді $g_{ij}=1, g_{ji}=1$, а матриця G отримає вигляд [8]:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & g_{12} & \dots & g_{1n} \\ 1/g_{12} & 1 & \dots & g_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/g_{1n} & 1/g_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Кожному експерту, який здійснює оцінювання факторів запропоновано шкалу відносної важливості критеріїв за Сааті. В її основі лежить шкала значень від 1 до 9:

- 1 – об'єкти рівноцінні;
- 3 – один об'єкт дещо переважає інший;
- 5 – один об'єкт переважає інший;
- 7 – один об'єкт значно переважає інший;
- 9 – один об'єкт абсолютно переважає інший;
- 2, 4, 6, 8 – компромісні проміжні значення.

На основі даної методики отримана квадратна матриця G попарних порівнянь (таблиця 1):

Таблиця 1

Матриця попарних порівнянь ієрархічної моделі факторів проектування інформаційної системи для студмістечка

	К	Ф	Б	І	М	АД	ТП	ГМ	ЗЗ	ЗД
К	1	1/3	3	3	5	5	2	3	5	5
Ф	3	1	5	5	9	9	3	5	9	9
Б	1/3	1/5	1	2	3	3	1/3	2	3	3
І	1/3	1/5	1/2	1	3	3	1/3	2	3	3
М	1/5	1/9	1/3	1/3	1	2	1/7	1/3	2	1/2
АД	1/5	1/9	1/3	1/3	1/2	1	1/7	1/3	2	2
ТП	1/2	1/3	3	3	7	7	1	3	5	5
ГМ	1/3	1/5	1/2	1/2	3	3	1/3	1	3	3
ЗЗ	1/5	1/9	1/3	1/3	1/2	1/2	1/5	1/3	1	2
ЗД	1/5	1/9	1/3	1/3	2	1/2	1/5	1/3	1/2	1

Наступний етап оптимізації ієрархічної моделі включає нормалізацію матриці та обчислення ваг факторів, тобто визначення вектору пріоритетів. Для цього, присвоєно множині факторів $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$ числову вагу $W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$. Вона відповідає експертним порівнянням факторів. Таким чином, всі елементи матриці $G = (g_{ij})$ будуть обчислюватись за правилом:

$$G = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}. \quad (2)$$

На практиці, всі отримані значення в матриці нормалізуються діленням кожного фактору на суму значень для кожного стовпця матриці. Відносну вагу кожного елементу матриці визначає середнє значення кожного рядка нормалізованої матриці:

$$V_i = \frac{\sqrt[n]{\left(\prod_{j=1}^n g_{ij}\right)}}{\sum_{i=1}^n \left(\sqrt[n]{\left(\prod_{j=1}^n g_{ij}\right)}\right)}. \tag{3}$$

Отримано значення вектору пріоритетів:

$$V_n = (0,173; 0,332; 0,083; 0,072; 0,029; 0,029; 0,161; 0,063; 0,026; 0,026).$$

Для кращого візуального представлення компоненти вектору помножимо на коефіцієнт $k=1000$.

$$\text{Отримано вектор: } V_n = (173; 332; 83; 72; 29; 29; 161; 63; 26; 26)$$

Для обчислення узгодженості в експертних рішеннях вагових значень факторів виконано множення вектору пріоритетів (V_n) на матрицю попарних порівнянь:

$$V_{n1} = (1,829; 3,449; 0,871; 0,757; 0,323; 0,319; 1,698; 0,657; 0,296; 0,291).$$

Наступним кроком є перевірка узгодженості експертних рішень.

Для визначення коректності та згоди в оцінках експертами факторів доцільно використовувати відхилення величини максимального значення λ_{max} від порядку матриці n .

Приблизне значення λ_{max} обчислюємо:

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n G_j V_j, \tag{4}$$

де $G_j = \sum_{i=1}^n g_{ij}$ - сума елементів i -стовпця матриці; V_j – вектор пріоритетів.

Значення $\lambda_{max} = 10,6$. $V_{n2} = (10,52; 10,37; 10,45; 10,43; 10,9; 10,76; 10,49; 10,41; 10,74; 10,9)$. Індекс узгодженості (IU) розраховуємо:

$$IU = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}. \tag{5}$$

Отримане значення $IU=0,06$ порівнюється із середнім еталонним значенням (таблиця 2).

Таблиця 2

Шкала еталонних значень випадкових матриць різного розміру

Кількість об'єктів	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Еталонне значення індексу	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Отже, $0,06 < 0,1 \times 1,49$, тому варто вважати про належну узгодженість в експертних рішеннях, щодо попарного порівняння факторів.

Для виконання оптимізації ієрархічної моделі факторів проектування інформаційної системи для студмістечка отриманої в попередньому дослідженні встановлено числовий ряд ваг факторів:

$K(g_1) - 50$; $\Phi(g_2) - 70$; $B(g_3) - 30$; $I(g_4) - 30$; $M(g_5) - 20$; $AD(g_6) - 20$; $TP(g_7) - 50$, $GM(g_8) - 30$, $33(g_9) - 20$, $3D(g_{10}) - 20$. Вони складають визначають вихідні значення рівнів в ієрархії. На основі ваг сформовано вихідний вектор: $V_{вих} (50; 70; 30; 30; 20; 20; 50; 30; 20; 20)$.

Рівень збіжності вагових значень компонент вихідного ($V_{вих}$) та нормалізованого (V_n) векторів підтверджує гістограма (рис. 2).

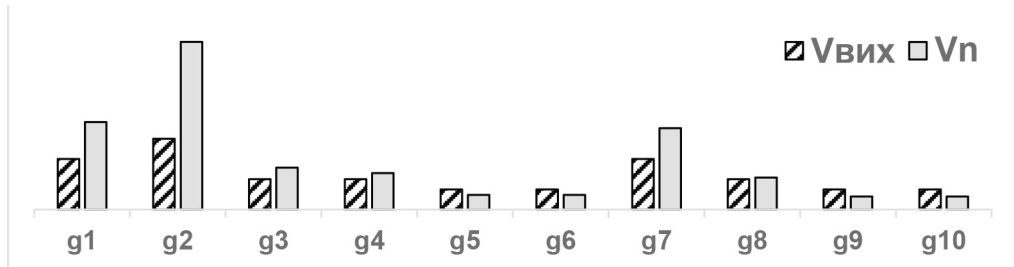


Рис. 2. Гістограма вагових значень компонент вихідного ($V_{вих}$) та нормалізованого (V_n) векторів

Отримані величини компонент нормалізованого вектору є оптимізованими величинами. Їх використано для побудови моделі зображеної на рис. 3. Метод попарного порівняння дає можливість структурувати досліджувані елементи, врахувати їх ваги та оцінити узгодженість експертних оцінок.

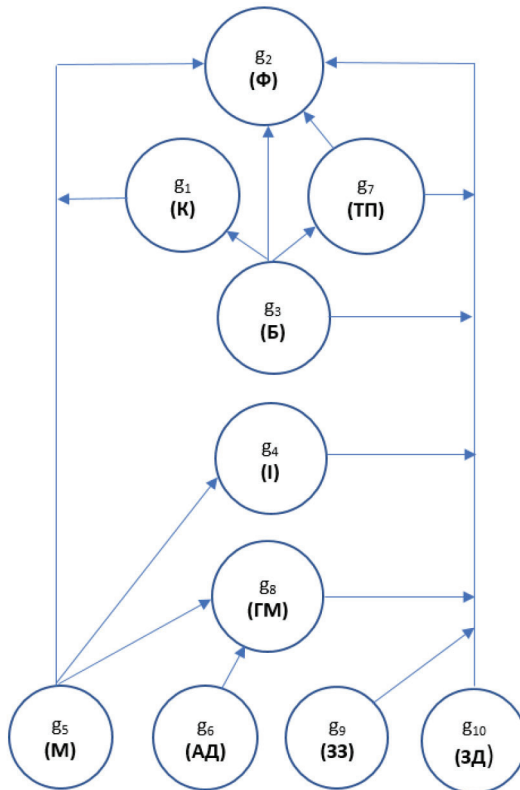


Рис. 3. Оптимізована ієрархічна модель факторів проектування інформаційної системи для студмістечка.

Висновки. Створення інформаційних систем для закладів вищої освіти є важливим кроком на шляху до модернізації освітнього процесу та управління навчальними закладами. Такі системи дозволяють автоматизувати такі рутинні процеси, як облік успішності здобувачів освіти, управління розкладом занять, комунікація між учасниками освітнього процесу та доступ до навчальних матеріалів. Це допомагає підвищити ефективність роботи персоналу, покращити якість освітніх послуг та забезпечити прозорість управління.

Інформаційні системи також допомагають закладам вищої освіти адаптуватися до сучасних викликів, таких як дистанційна освіта, інтегруючись з іншими платформами та забезпечуючи легкий доступ до даних з будь-якого місця. Як наслідок, впровадження таких рішень позитивно впливає як на якість освіти, так і на задоволеність усіх учасників навчального процесу. Таким чином, розробка та впровадження інформаційних систем є необхідним кроком для навчальних закладів, які прагнуть бути інноваційними, конкурентоспроможними та реагувати на потреби сучасного суспільства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. F. Hamidi, M. Meshkat, M. Rezaee, M. Jafari. Information technology in education. *Procedia Computer Science*. Volume 3, 2011, Pages 369-373. doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.062.
2. P. Serdyukov. Innovation in education: What works, what doesn't, and what to do about it. March 2017. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*. Volume 10. Issue 1. pp. 4-33. DOI:10.1108/JRIT-10-2016-0007.
3. J. Arnold. Challenges for Online Learning and Teaching: A Subjective Academic Narrative. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. July 2015. Vol. 12, No. 3, pp. 1-12.
4. I. Fekete. Information and Communications Technology (ICT) literacy of Hungarian English majors: A validation study. *Journal of Adult Learning, Knowledge and Innovation*. Vol. 4 (2021), pp. 31–39. <https://doi.org/10.1556/2059.2020.00002>.
5. Wu He, Guandong Xu, S. E. Kruck, Online IS Education for the 21st Century. *Journal of Information Systems Education*, Vol. 25(2) Summer 2014. Pp.101-105. <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1112&context=jise>.
6. V. Nikolić, D. Petković, N. Denić, M. Milovančević, S. Gavrilović. Appraisal and review of e-learning and ICT systems in teaching process. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Volume 513, 1 January 2019, Pages 456-464. doi.org/10.1016/j.physa.2018.09.003.
7. J. I. Pozo, M-P. Pérez Echeverría, A. Casas-Mas, G. López-Íñiguez, B. Cabellos, E. Méndez, J. Antonio Torrado, L. Baño. Teaching and learning musical instruments through ICT: the impact of the COVID-19 pandemic lockdown. *Heliyon*. Volume 8, Issue 1, January 2022, e08761. doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08761.
8. Tymchenko, O., Vasiuta, S., Khamula, O. Optimization of the Mathematical Model of Factors of Composite Design of Infographic. *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, 2018, 2, pp. 58–61, 8526673. DOI 10.1109/STC-CSIT.2018.8526673.

REFERENCES

1. F. Hamidi, M. Meshkat, M. Rezaee, M. Jafari. Information technology in education. *Procedia Computer Science*. Volume 3, 2011, Pages 369-373. doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.062.
2. P. Serdyukov. Innovation in education: What works, what doesn't, and what to do about it. March 2017. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*. Volume 10. Issue 1. pp. 4-33. DOI:10.1108/JRIT-10-2016-0007.
3. J. Arnold. Challenges for Online Learning and Teaching: A Subjective Academic Narrative. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. July 2015. Vol. 12, No. 3, pp. 1-12.
4. I. Fekete. Information and Communications Technology (ICT) literacy of Hungarian English majors: A validation study. *Journal of Adult Learning, Knowledge and Innovation*. Vol. 4 (2021), pp. 31–39. https://doi.org/10.1556/2059.2020.00002.
5. Wu He, Guandong Xu, S. E. Kruck, Online IS Education for the 21st Century. *Journal of Information Systems Education*, Vol. 25(2) Summer 2014. Pp.101-105. https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1112&context=jise.
6. V. Nikolić, D. Petković, N. Denić, M. Milovančević, S. Gavrilović. Appraisal and review of e-learning and ICT systems in teaching process. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Volume 513, 1 January 2019, Pages 456-464. doi.org/10.1016/j.physa.2018.09.003.
7. J. I. Pozo, M-P. Pérez Echeverría, A. Casas-Mas, G. López-Íñiguez, B. Cabellos, E. Méndez, J. Antonio Torrado, L. Baño. Teaching and learning musical instruments through ICT: the impact of the COVID-19 pandemic lockdown. *Heliyon*. Volume 8, Issue 1, January 2022, e08761. doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08761.
8. Tymchenko, O., Vasiuta, S., Khamula, O. Optimization of the Mathematical Model of Factors of Composite Design of Infographic. *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, 2018, 2, pp. 58–61, 8526673. DOI 10.1109/STC-CSIT.2018.8526673.

doi: 10.32403/1998-6912-2024-2-69-130-139

**OPTIMIZATION OF THE HIERARCHICAL MODEL OF INFLUENCE
FACTORS ON THE DESIGN OF AN INFORMATION SYSTEM
FOR A STUDENT CAMPUS**

I. M. Ternovy, O. H. Khamula

*Ukrainian Academy of Printing,
St. Pid Goloskom, 19, Lviv, 79061, Ukraine
ivanternovyi@gmail.com, khamula@gmail.com*

The article is devoted to the study of the necessity and isolation of factors influencing the successful implementation of information systems in the educational process. It should be noted that it is a continuation, but rather a clarification of the veracity of the

results obtained in previous studies. Previous studies made it possible to obtain a number of factors that were determined by surveying respondents, and to build a hierarchical model of the parameters of influence on the process of designing an information system for a campus. The article also states that in the conditions of digital transformation of society, the use of information technologies is becoming an integral part of quality education. The purpose of this study is to verify the veracity of the results obtained in determining the key factors that affect the effectiveness of this process and their ranking by degree of importance. To achieve the goal, literary sources were analyzed and an expert survey was conducted. Each expert who evaluates the factors was offered a scale of relative importance of criteria according to Saati with a scale of values from 1 to 9. The article analyzes the main aspects of the impact of information technologies on the effectiveness of learning, in particular, increasing motivation, individualization of learning and accessibility of educational resources. A number of factors influencing the process of integrating information technologies into education are identified, including: the availability and quality of technical support, the level of digital competence of teachers and students, the availability of methodological support and organizational aspects. To quantitatively assess the relative importance of these factors, the method of pairwise comparisons was used, which made it possible to identify the most significant of them. The application of the method of pairwise comparisons made it possible to obtain quantitative estimates of the relative influence of each factor and build their hierarchy. The results of the study can serve as the basis for making informed decisions on the implementation and effective use of information technologies in education.

Keywords: *influencing factors, hierarchical model, pairwise comparison method, Saati, information system, information technology, educational process, campus.*

Стаття надійшла до редакції 11.06.2024.

Received 11.06.2024.