

ТЕНДЕНЦІ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦЯ: АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОСВІТИ

Юрченко А. О., Момот Р. А.

ВСТУП

Використання інформаційних технологій (ІТ) в освіті сьогодні є звичним явищем. Науковці досліджують особливості використання спеціалізованого програмного забезпечення в навчанні окремих дисциплін, спрощують організацію освітнього процесу за рахунок іт, автоматизують контроль навчальних досягнень. Вплив іт на освіту став значно помітнішим через пандемію. Освітня галузь через обмеження безпосереднього спілкування була вимушена реагувати на зовнішні обставини. Вчителі шкіл та викладачі університетів опанували хмарні технології, які сьогодні стали провідним інструментом надання освітніх послуг. Тому бачиться цікавим наявний досвід використання таких технологій, описаний як ефективна освітня практика.

У педагогічній літературі активно дискутується проблема впровадження хмарних технологій в навчанні¹, аналізується впровадженням підходу *byod*^{2,3}, висвітлюється вирішення соціальних, педагогічних і технічних проблем, які можуть виникати при реалізації дистанційного⁴, мобільного і змішаного навчання⁵, обговорюється доцільність використання хмарних сховищ даних (наприклад, *ms*

¹ Шишкіна М., Носенко Ю. Хмарні технології відкритої науки у процесі наскрізного навчання ІКТ в освіті. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 37. № 5. С. 69-74. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-037-5-010>.

² Drushlyak M., Sabadosh Yu., Mulesa P., Diemientiev E., Yurchenko A. and Semenikhina O. QR code as a modern educational tool for implementing the BYOD approach. *2023 45th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2023 – Proceedings*, 2023. P. 584-589. <https://doi.org/10.23919/MIPRO57284.2023.10159739>.

³ Semenikhina E., Drushlyak M., Bondarenko Yu., Kondratiuk S., Dehtiarova N. Cloud-based service GeoGebra and its use in the educational process: the BYOD-approach. *TEM JOURNAL – Technology, Education, Management, Informatics*, 2019. Vol.8. No 1. Pp. 65-72. <https://doi.org/10.18421/TEM81-08>.

⁴ Rudenko Yu., Naboka O., Korolova L., Kozhukhova Kh., Kazakevych O., Semenikhina O. Online Learning with the Eyes of Teachers and Students in Educational Institutions of Ukraine. *TEM Journal*, 2021. Vol. 10, Is. 2. Pp. 922-931. <http://doi.org/10.18421/TEM102-55>.

⁵ Yurchenko A., Drushlyak M., Sapozhnykov S., Teplytska A., Korolova L., Semenikhina O. Using online IT-industry courses in the computer sciences specialists' training. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 2021. Vol. 21(11). Pp. 97-104. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.11.13>.

onedrive⁶), досвід використання іт для контролю знань (наприклад, сервіс plickers як мобільний додаток для зчитування qr-кодів⁷ додаток kahoot!^{8,9} для контролю знань в ігровому форматі чи комп'ютерний засіб¹⁰ для контролю математичних знань). Окремо досліджуються хмарні сервіси предметного спрямування, зокрема такі, як geogebra¹¹ (<http://www.geogebra.net>), phet¹² (<https://phet.colorado.edu/uk/>), open source physics¹³ (<https://www.compadre.org/osp>), wolfram demonstrations project¹⁴ (<https://demonstrations.wolfram.com>), virtual lab¹⁵ (<http://chemcollective.org/>), віртуальні лабораторії¹⁶ тощо. Наведені результати накопичені в значній кількості і систематизовані щодо

⁶ Паламарчук О.С. Використання хмарного сервісу onedrive в навчальному процесі ВНЗ. *Фізико-математична освіта*, 2016. Випуск 2(8). С. 87-92.

⁷ Drushlyak M.G., Semenikhina O.V., Kondratiuk S.M., Kryvosheya T.M., Vertel A.V., Pavlushchenko N. M. The Automated Control of Students Achievements by Using Paper Clicker Plickers. MIPRO 2020 : Proceedings of 43 International convention on information and communication technology, electronics and microelectronics, 28 september – 2 october 2020, Opatija (Croatia), 2020, pp. 688-692.

⁸ Cadet M. J. Application of game-based online learning platform: Kahoot a formative evaluation tool to assess learning. *Teaching and Learning in Nursing*, 2023. Vol. 18, Is. 3. Pp. 419-422. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2023.03.009>.

⁹ Постернак Н., Токменко І., Яніцька Л. Застосування гейміфікації під час проведення практичних занять з дисципліни «Медицина біохімія». *Освіта. Інноватика. Практика*, 2023. Том 11, № 6. С. 13-21. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i6-002>.

¹⁰ Semenikhina O., Proshkin V., Drushlyak M. Mathematical knowledge control automation within dynamic mathematics programs. E-learning and STEM Education : Monograph / Scientific Editor Eugenia Smyrnova-Trybulska. Katowice-Cieszyn, 2019. P.224-240.

¹¹ Семеніхіна О. В., Друшляк М. Г., Хворостіна Ю. В. Використання хмарного сервісу GeoGebra у навчанні майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2019, Том 73, № 5. С. 48-66. <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.2500>.

¹² Дронь В. Формування дослідницьких компетентностей у здобувачів освіти під час комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів при дистанційному навчанні. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 35. № 3. С. 19-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-035-3-003>.

¹³ Юрченко А. Цифрові фізичні лабораторії як актуальний засіб навчання майбутнього вчителя фізики. *Фізико-математична освіта*, 2015. № 1(4). С. 55-63.

¹⁴ Турінов А.М., Галдіна О.М. Використання комп'ютерного моделювання при розв'язанні квантовомеханічних задач. *Фізико-математична освіта*, 2017. Випуск 3(13). С. 170-177

¹⁵ Шамо́ня В.Г., Семеніхіна О.В., Друшляк М.Г. Використання середовища Proteus для візуального моделювання роботи базових елементів інформаційної системи. *Фізико-математична освіта*, 2019. Випуск 2(20). С. 160-165. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-020-2-025>.

¹⁶ Semenikhina O., Drushlyak M., Yurchenko A., Udovychenko O., Budyanskiy D. The use of virtual physics laboratories in professional training: The analysis of the academic achievements dynamics. *16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI 2020)*, 2020. No 2740, pp. 423-429.

використання іт в освіті загалом, що підтверджують дослідження: для академічного середовища¹⁷, для вищої школи¹⁸, для дошкільної освіти¹⁹, для середньої освіти і вчителів²⁰, для інтелектуальних академічних середовищ²¹, для освітньої галузі загалом при переході до освіти 4.0²². Водночас наукові результати використання хмарних технологій в освіті як виду інформаційних технологій не узагальнені, а тому потребують комплексного аналізу.

Мета: дати характеристику поточного стану наявних досліджень щодо використання хмарних технологій в освіті та виявити загальні тенденції щодо напрямів майбутніх досліджень.

Методи дослідження

Нами аналізувалися окремо публікації з баз Web Of Science і Scopus.

Для характеристики ландшафту використання хмарних технологій в освіті використано кількісний і візуальний аналіз мереж ключових слів і та якісне обговорення отриманих результатів. Опрацювання бібліографічних показників здійснювалося через додаток vosviewer (<https://www.cwts.nl>), який створено з метою візуалізації бібліографічних даних. За допомогою додатку будувалася множина ключових слів та їхніх зв'язків. Тип аналізу – co-occurrence; одиниця аналізу – all keywords.

Опубліковані матеріали датувалися 2004-2023 рр і були пов'язані з використанням хмарних технологій в освіті. Ключові слова, використані для пошуку публікацій: cloud technology, education, learning, teaching. Пошук здійснювався 5 липня 2023 року (web of science) та 1 грудня 2023 року (scopus).

Проведене дослідження не включає статті з інших наукометричних баз, а також статті, написані не англійською мовою. Водночас

¹⁷ Adtani R., Neelam N., Raut R., Deshpande A., Mittal A. Embracing ICT in academia: adopting and adapting to the new normal pedagogy. *Global knowledge memory and communication*, 2023. <https://doi.org/10.1108/GKMC-03-2023-0089>.

¹⁸ Vesic D., Lakovic D., Vesic S.L. Use of information technologies in higher education from the aspect of management. *International journal of cognitive research in science engineering and education*, 2023. Vol. 11(1). Pp. 143-151. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2023-11-1-143-151>.

¹⁹ Su J.H., Yang W.P. Digital competence in early childhood education: A systematic review. *Education and information technologies*, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11972-6>.

²⁰ Smestad B., Hatlevik O., Johannesen M., Øgrim L. Examining dimensions of teachers' digital competence: A systematic review pre- and during COVID-19. *Heliyon*, 2023. Vol. 9(6), No. e16677. <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16677>.

²¹ Mhlongo S., Mbatha K., Ramatsetse B., Dlamini R. Challenges, opportunities, and prospects of adopting and using smart digital technologies in learning environments: An iterative review. *Heliyon*, 2023. vol. 9(6), No. e16348. <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16348>.

²² Mukul E., Buyukozkan G. Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological forecasting and social change*, 2023. Vol. 194. No. 122664. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122664>.

проведений аналіз увиразнює тенденції використання хмарних технологій в освіті та дає уявлення про вплив хмарних технологій на освітню галузь загалом та можливості використання хмарних технологій для навчання і викладання.

Результати дослідження

Пошук по наукометричній базі Web of science

Нижче представимо результати пошуку. Попередньо нами здійснено пошук у базі за словами «education, modern education, contemporary education, current education», які могли зустрічатися в анотаціях до публікацій. Загалом знайдено 1279 результатів, причому після 2016 року їх щорічно більше 100. Загалом ключових слів – 4312. Якщо зробити обмеження 10 на глибину, то лише 59 ключових слів утворюють мережу, кожне слово в якій зустрічається не менше 10 разів (рис. 1).

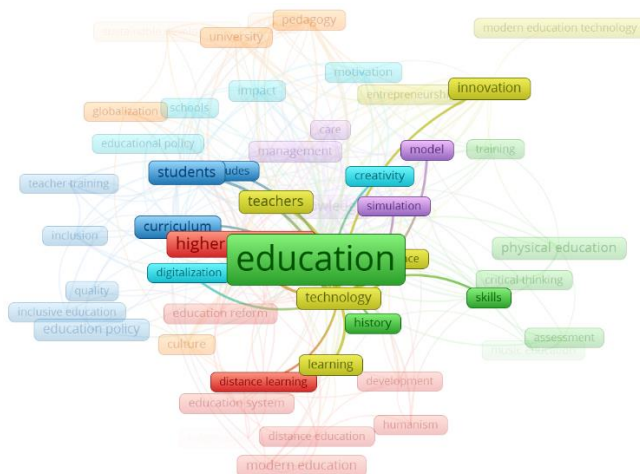


Рис. 1. Мережа за ключовими словами “education, modern education, contemporary education, current education”

Мережа має кілька кластерів: зелений – education (history, skills, критичне мислення, тренування); жовтий – технології (вчитель, навчання, інновації); фіолетовий – симуляції (модель, управління); світло-синій – діджиталізація (творчість, школа, вплив, освітня політика); червоний – вища освіта (дистанційне навчання, освітні системи, освітні реформи); синій – навчальний план (студент, підготовка вчителя, інклюзія, інклюзивна освіта, якість). Аналіз мережі свідчить про сильний зв'язок слова «освіта» із ключовими словами технології,

вчитель, дистанційне навчання, вища освіта. Уточнення пошуку дає, відповідно, інші мережі та більш детальні акценти для характеристики бібліографічного ландшафту використання хмарних технологій в освіті (табл.1, рис. 2).

Таблиця 1

Кількісні характеристики пошуку

№	Назва / Анотація 1*	2*	3*	4*	5*	Основні кластери
1	Education \ Cloud technology 1870/5380	20	49	A	5	<i>Cluster 1:</i> cloud services, IT, innovations <i>Cluster 2:</i> cloud computing, mobile learning, education technology, virtualization, online, mobile learning <i>Cluster 3:</i> internet, big data, artificial intelligence, system, management, augmented reality
2	Education \ Cloud technology teacher 319/1120	5	35	B	7	<i>Cluster 1:</i> technology, ICT, training, skills <i>Cluster 2:</i> cloud services, innovations <i>Cluster 3:</i> learning, internet, big data <i>Cluster 4:</i> cloud computing, e-learning, online learning <i>Cluster 5:</i> higher education, education technology, online, motivation
3	Learning \ Cloud technology 4093/12214	40	50	C	5	<i>Cluster 1:</i> Industry 4.0 <i>Cluster 2:</i> security, optimization, edge computing <i>Cluster 3:</i> machine learning, IoT, big data <i>Cluster 4:</i> higher education, education technology, online, motivation <i>Cluster 5:</i> Internet, IoT, technologies, 5G, cloud
4	Learning \ Cloud technology \ teacher 363/1302	5	43	D	5	<i>Cluster 1:</i> mobile learning, flipped classroom <i>Cluster 2:</i> perception, knowledge, distance learning <i>Cluster 3:</i> online, learning environments, model, system, acceptance <i>Cluster 4:</i> education, education technology, skills, students, learning, artificial intelligence, cloud, learning, big data <i>Cluster 5:</i> cloud technologies, online learning, e-learning, high education
5	Teaching \ Cloud technology 1012/2955	10	43	E	6	<i>Cluster 1:</i> cloud technology, mobile learning, distance learning, virtual reality <i>Cluster 2:</i> artificial intelligence, Industry 4.0, IoT, big data <i>Cluster 3:</i> cloud computing, virtualization, flipped classroom <i>Cluster 4:</i> education, education technology, e-learning, performance, teaching, students, higher education <i>Cluster 5:</i> technology, innovation, pedagogy
6	Teaching \ Cloud	5	22	F	4	<i>Cluster 1:</i> education, information and communication, mobile learning, cloud platform, model, environment,

№	Назва / Анотація 1*	2*	3*	4*	5*	Основні кластери
	technology \ teacher 284/966					<i>Cluster 2:</i> teaching, technology, students, impact, teachers <i>Cluster 3:</i> cloud computing, virtualization, flipped classroom <i>Cluster 4:</i> system, big data, internet
7	Загалом /14765	40	73	G	3	<i>Cluster 1:</i> cloud computing, education, information technology, management, simulation, design, mobile learning, Industry 4.0, virtualization <i>Cluster 2:</i> internet, IoT, cloud, fog computing, security, <i>Cluster 3:</i> machine learning, algorithm, system, big data
	Cloud technology\ teaching 1117/3332	10	60	H	5	<i>Cluster 1:</i> cloud computing, education, information technology, management, simulation, design, mobile learning, Industry 4.0, virtualization, flipped classroom <i>Cluster 2:</i> internet, big data, augmented reality, artificial intelligence, IoT, gamification, university <i>Cluster 3:</i> system, cloud technology, management, design, model, systems <i>Cluster 4:</i> technology, higher education, <i>Cluster 5:</i> e-learning, online
9	Cloud Computing \ Education 1662/4603	10	105	I	7	<i>Cluster 1:</i> cloud computing, technology, higher education, PAAS, SAAS, computer science, education cloud, virtualization, distance learning, information technology <i>Cluster 2:</i> adoption, cloud computing adoption, extension, social media, behavioral intention <i>Cluster 3:</i> internet, IoT, machine learning, artificial intelligence, virtual reality, learning <i>Cluster 4:</i> big data, implementation <i>Cluster 5:</i> technology, higher education

1* кількість результатів пошуку\ кількість ключових слів;

2* глибина мережі (кількість повторів ключових слів);

3* кількість ключових слів мережі;

4* мережа зв'язків;

5* кількість кластерів загалом.

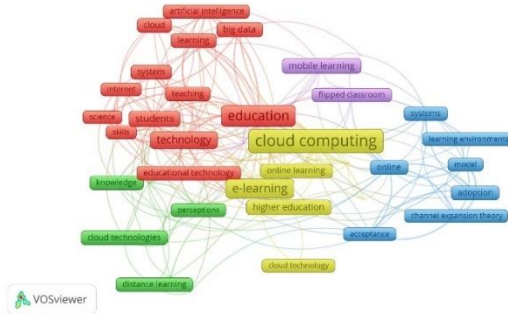


Рис. 2. D. Мережі ключових слів за видами пошуку

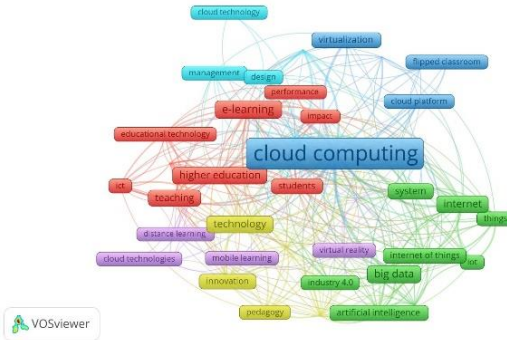


Рис. 2. E. Мережі ключових слів за видами пошуку

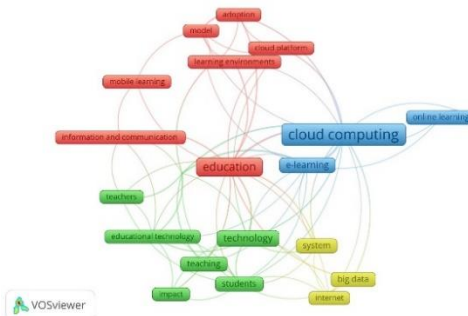


Рис. 2. F. Мережі ключових слів за видами пошуку

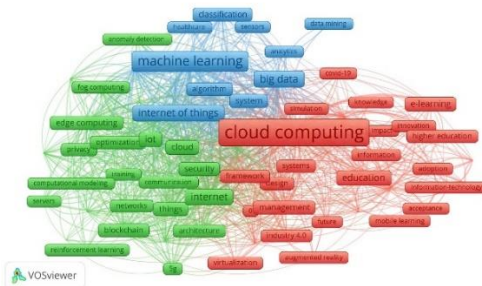


Рис. 2. Г. Мережі ключових слів за видами пошуку

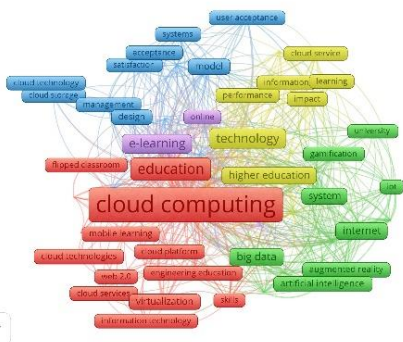


Рис. 2. Н. Мережі ключових слів за видами пошуку

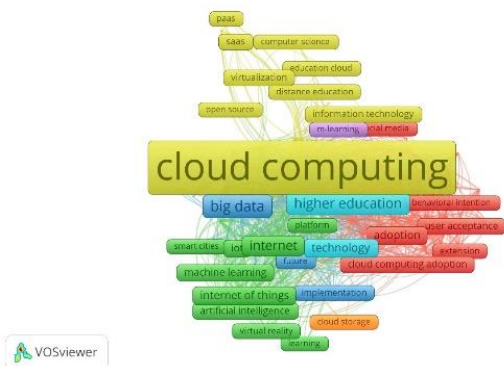


Рис. 2. І. Мережі ключових слів за видами пошуку

На рисунку 3 подано кількість відповідних публікацій за роками.

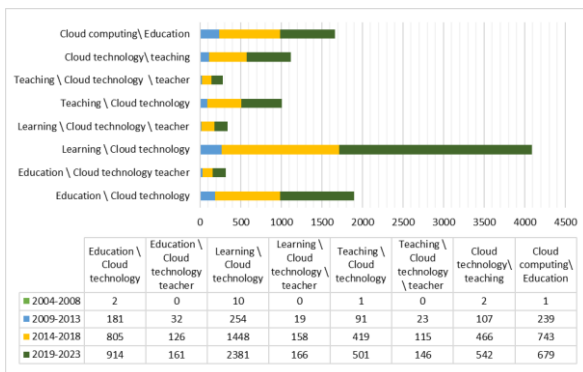


Рис. 3. Кількісні дані щодо публікацій за результатами пошуку

Аналіз кількості опублікованих досліджень у базі Web Of Science свідчить про те, що:

- За десять останніх років значно збільшилася (майже в 10 разів) кількість результатів – на початок 2014 року публікацій щодо хмарних технологій в навчанні було 254, а на початок 2023 року – 20 381. Пояснюємо це потужним розвитком хмарних технологій і їх затребуваністю в освіті в останні 5 років (у т.ч., у період пандемії);

- Найбільш популярними є дослідження, пов’язані із викладанням (learning) як одним із напрямів розвитку хмарних технологій – більше 4 тис. Публікацій за останні 20 років. При цьому використання учителями хмарних технологій в освітньому процесі кількісно не виділяється по відношенню до інших подібних пошуків, що свідчить про широке використання хмарних технологій (викладачі і студенти, управління освітнім процесом, організація контролю, самостійної роботи, проектна колаборація тощо);

- Порівняно однакова кількість досліджень представлена щодо освіти (education) загалом як напрям для розвитку хмарних технологій та щодо використання хмарних технологій в освіті – 1662 і 1902 публікації відповідно. Це свідчить про одночасну зацікавленість освітянами (у використанні таких технологій у професійній діяльності) і іт-фахівцями, які пропонують окремі розробки\ рішення для галузі освіти;

- Майже однакова кількість досліджень фіксується для хмарних технологій і навчання: навчання (teaching) із залученням хмарних технологій описується у 1012 публікаціях проти 1117 публікацій, які віднесені до розроблення хмарних освітніх рішень;

– Аналіз найбільш вживаних ключових слів та кластерів у побудованих мережах (останній стовпчик таблиці 1, рис.3) виявив тренди використання хмарних технологій в освіті:

– Дослідження різних типів навчання (мобільне, дистанційне, електронне, онлайн) на базі хмарних технологій;

– Дослідження впливу технологій індустрії 4.0 (інтернет речей і технологій 5g, представлення даних (big data) та internet) на освіту та її розвиток;

– Дослідження використання штучного інтелекту (artificial intelligence) в освіті, дослідження проблем машинного навчання (machine learning);

– Дослідження управління освітнім процесом (managment), педагогічного дизайну (design, environment), організації навчання за методом «flipped classroom» та ігровими технологіями навчання (gamification);

– Дослідження можливостей віртуалізації освіти і використання різних типів реальності «virtual reality, virtualization, augmented reality» для навчання;

– Дослідження проблем унаочнення навчального матеріалу на основі хмарних технологій і сервісів, що підтверджують ключові слова «performance, model, modeling, simulation».

Отже, ми виявили такі характеристики ландшафту використання хмарних технологій в освіті: за останні 5 років значна цифрова трансформація освіти через зростання популярності хмарних технологій в освіті, навчанні і вивченні; збільшення кількості досліджень, які стосуються різних аспектів освітньої діяльності під впливом індустрії 4.0 (навчання, управління, дизайн, технології навчання тощо); поступове зростання кількості досліджень з віртуалізації освітнього процесу та використання штучного інтелекту в навчанні; розширення досліджень ефективності різних видів навчання та методик навчання на базі хмарних сервісів; актуальність тренду унаочнення навчального матеріалу та візуального аналізу в освіті.

Пошук по наукометричній базі Scopus

Для визначення загальної картини публікаційної активності в галузі освіти в наукометричній базі Scopus ми попередньо здійснили пошук за словами «education, modern education, contemporary education, current education» у назвах публікацій. Загалом знайдено 531 474 результатів, причому значне зростання кількості таких публікацій зафіксовано в останні 10 років, а в період з 2019 по 2023 рік у базі Scopus їх налічується 152 909. Сюди відносяться наукові статті, матеріали конференцій, книги, рецензії, монографії тощо опубліковані різними мовами світу. Загалом

ми знайшли 116 301 ключових слів. Якщо виключити ті ключові слова, які зустрічаються менше 500 раз, то отримаємо мережу з 39 ключових слів (рис. 4).

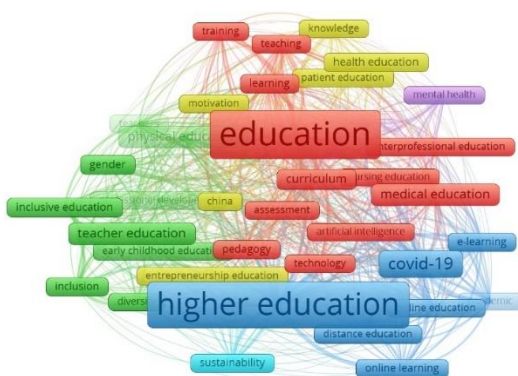


Рис. 4. Мережа за ключовими словами “education, modern education, contemporary education, current education”

У мережі виділяється шість кластерів: червоний (12 позицій) – освіта навчання, педагогіка, викладання, медична освіта, медсестринська освіта, технології, міжпрофесійна освіта, штучний інтелект, оцінювання, навчальний план; зелений (10 позицій) – педагогічна освіта, спеціальна освіта, фізичне виховання, інклюзивна освіта, професійний розвиток, вчителі, дошкільна освіта, різноманітність, гендер, інклюзія; синій (7 позицій) – вища освіта, дистанційна освіта, covid-19, електронне навчання, онлайн-освіта, онлайн-навчання, пандемія; жовтий (7 позицій) – підприємницька освіта, медична освіта, знання, мотивація, пацієнтська освіта, самоефективність, Китай; фіолетовий (2 позиції) – психічне здоров'я, студенти; світло-синій (1 позиція) – сталість.

Аналіз виявленої мережі свідчить про сильний зв'язок слова «освіта» із ключовими словами технології, штучний інтелект, і слова «вища освіта» зі словами дистанційне навчання, е-навчання, онлайн-навчання. Тому є підстави говорити про наявність зв'язку освіти загалом, і вищої освіти особливо, з цифровими технологіями. Оскільки відзначені електронне, дистанційне і онлайн-навчання, а також штучний інтелект (ШІ), то слід говорити про популярність і затребуваність саме сучасних технологій в освіті.

Для більш якісного аналізу ми обмежили пошук науковими статтями англійською мовою (мова є інтернаціональною і найбільш поширеною в

академічному середовищі). За таким фільтром знайдено 86 032 публікацій (рис. 5).

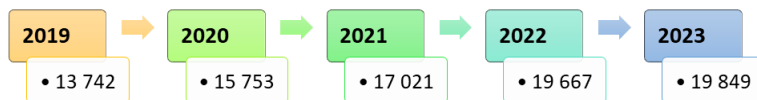


Рис. 5. Кількість публікацій по роках

Ми побудували мережі з певними акцентами (Назва / Анотація), що дало нам можливість деталізувати бібліографічний ландшафт використання хмарних технологій в освіті загалом (табл.2, рис. 6).

Таблиця 2

Результати уточненого пошуку

№	Назва / Анотація 1*	2*	3*	4*	5*	Основні кластери
1	Education \ Cloud technology 1877/4265	20	21	A	4	<i>Cluster 1:</i> cloud computing, covid-19, e-learning, education technology, higher education, information technology <i>Cluster 2:</i> artificial intelligence, cloud, deep learning, internet of things, machine learning <i>Cluster 3:</i> cloud services, education, ICT, industry 4.0, IoT <i>Cluster 4:</i> big data, augmented reality, blockchain, smart campus, virtual reality
2	Learning \ Cloud technology 6762/13507	40	46	B	6	<i>Cluster 1:</i> classification, cnn, computer vision, convolutional neural network, data mining, deep learning, lidar, machine learning, neural networks, point cloud, random forest, remote sensing, semantic segmentation, transfer learning <i>Cluster 2:</i> 5g, blockchain, deep reinforcement learning, edge computing, federated learning, mobile edge computing, privacy, reinforcement learning, resource allocation, security <i>Cluster 3:</i> ai, cloud, digital transformation, digital twin, industry 4.0, IoT, sensors <i>Cluster 4:</i> artificial intelligence, augmented reality, big data,

№	Назва / Анотація 1*	2*	3*	4*	5*	Основні кластери
						cloud computing, covid-19, e-learning, education <i>Cluster 5:</i> anomaly detection, artificial intelligence (ai), cybersecurity, internet of things (iot), intrusion detection <i>Cluster 6:</i> fog computing, healthcare, internet of things
3	Teaching \ Cloud technology 1159/2629	10	33	C	6	<i>Cluster 1:</i> blended learning, IoT, smart classroom, cloud computing, data mining, cloud platform, college english, online teaching, physics education, virtual reality <i>Cluster 2:</i> covid-19, distance education, e-learning, education technology, higher education, online learning, smart education <i>Cluster 3:</i> artificial intelligence, big data, deep learning, Industry 4.0, internet of things, teaching <i>Cluster 4:</i> augmented reality, education, learning, smart campus, teaching <i>Cluster 5:</i> cloud technologies, ICT, information technology <i>Cluster 6:</i> english teaching, internet
4	Загалом /15538	55	39	D	6	<i>Cluster 1:</i> 5g, blockchain, deep reinforcement learning, digital twin, edge computing, federated learning, fog computing, internet of things (iot), reinforcement learning, resource allocation, security <i>Cluster 2:</i> cloud computing, covid-19, digital transformation, e-learning, education, educational technology, higher education, industry 4.0, information technology, online learning <i>Cluster 3:</i> artificial intelligence, augmented reality, big data, cloud platform, data mining, virtual reality <i>Cluster 4:</i> classification, deep learning, lidar, machine learning, point cloud, remote sensing <i>Cluster 5:</i> cloud, healthcare, internet of things, iot, sensors

№	Назва / Анотація 1*	2*	3*	4*	5*	Основні кластери
						<i>Cluster 6: cloud services</i>
5	Cloud Computing \ Education 1388/2928	10	37	E	7	<i>Cluster 1: blockchain, cloud, healthcare, internet of things, IoT, security, smart campus, smart education</i> <i>Cluster 2: artificial intelligence, big data, deep learning, edge computing, fog computing, internet of things, machine learning, smart city</i> <i>Cluster 3: blended learning, covid-19, e-learning, education technology, higher education, online learning</i> <i>Cluster 4: education 4.0, industry 4.0, mobile learning, physical education, virtual reality</i> <i>Cluster 5: cloud computing, cloud services, data mining, higher education institution</i> <i>Cluster 6: iaas, information technology, saas</i> <i>Cluster 7: education, teaching, technology</i>

- 1* кількість результатів пошуку\ кількість ключових слів;
2* глибина мережі (кількість повторів ключових слів);
3* кількість ключових слів мережі;
4* мережа зв'язків;
5* кількість кластерів загалом.

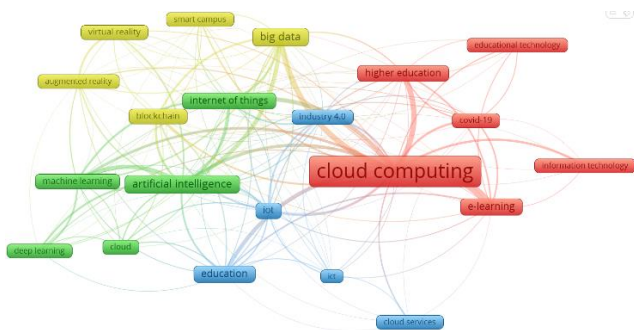


Рис. 6. А. Мережі ключових слів за видами пошуку

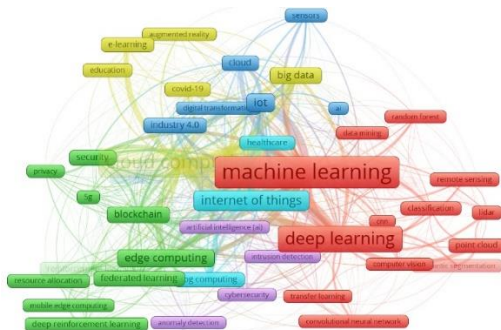


Рис. 6. В. Мережі ключових слів за видами пошуку

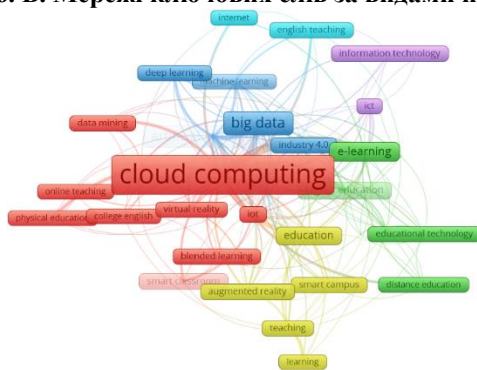


Рис. 6. С. Мережі ключових слів за видами пошуку

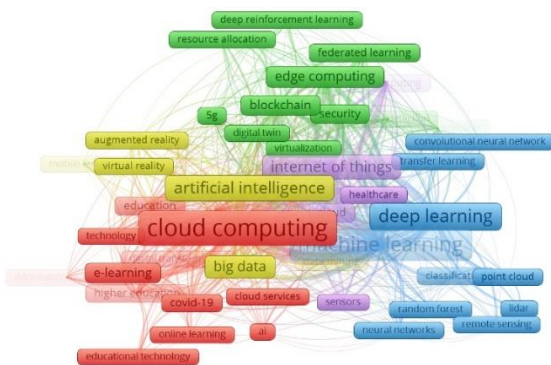


Рис. 6. D. Мережі ключових слів за видами пошуку

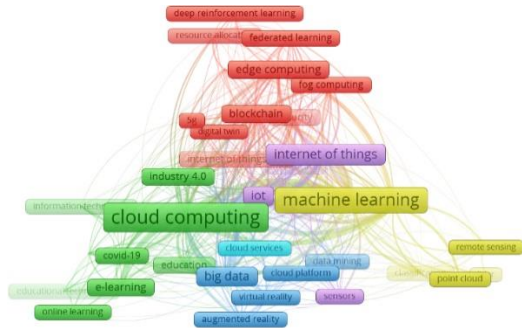


Рис. 6. Е. Мерезі ключових слів за видами пошуку

В таблиці 3 подано кількість відповідних публікацій за періоди 2009-2013, 2014-2018, 2019-2023 рр. та кількість ключових слів, які зустрічаються у цих публікаціях (рис. 7).

Таблиця 3

Аналіз публікацій за періодами

№	Назва / Анотація	К-ть публікацій / К-ть ключових слів					
		2009–2013		2014–2018		2019–2023	
1	Education \ Cloud technology	320	725	854	1982	1877	4265
2	Learning \ Cloud technology	487	1011	1690	3640	6762	13507
3	Teaching \ Cloud technology	173	402	419	924	1159	2629
4	Загальне	-	1427	-	4662	-	15538

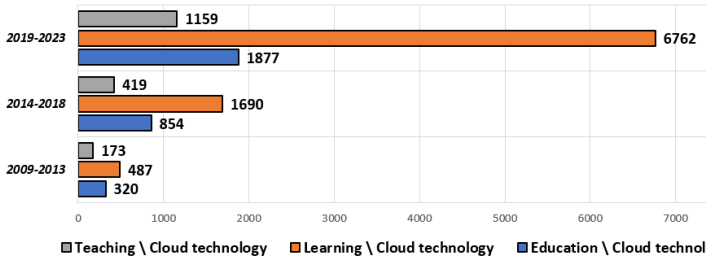


Рис. 7. Аналіз публікацій за періодами

У результаті аналізу публікацій в VOSviewer (за спільним живанням – Co-occurrence), одиниця аналізу – усі включові слова – All keywords) було побудовано мережі зв’язків ключових слів за відповідними роками, подані на рис. 8–10.

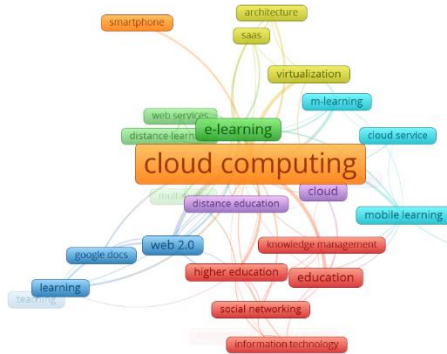


Рис. 8. Мережі ключових слів за 2009-2013

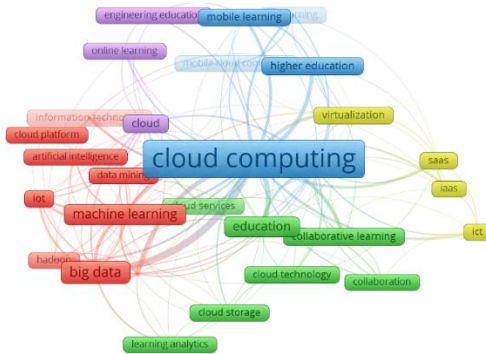


Рис. 9. Мережі ключових слів за 2014-2018

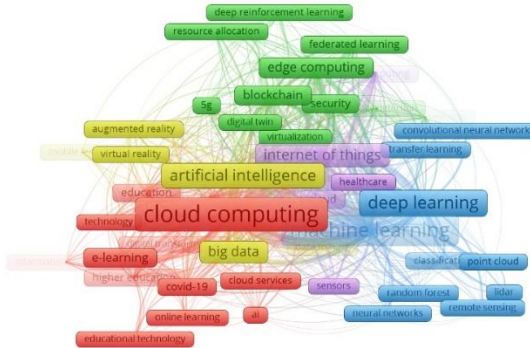


Рис. 10. Мережі ключових слів за 2019-2023

Аналіз опублікованих досліджень у базі Scopus свідчить, що:

- за п'ять останніх років значно збільшилася (майже в 1,5 рази) кількість наукових публікацій – на кінець 2019 року їх було 13742, а на кінець 2023 року – 19849. Ми можемо пояснити це швидким розвитком хмарних технологій і сервісів, потребою організувати освітній процес в умовах пандемії та поширеністю цифрових засобів серед молоді, яка постійно використовує Інтернет для вирішення поточних задач;

- дослідження, які пов'язують вивчення (Learning \ Cloud technology) на базі хмарних технологій, є найбільш цікавими для науковців, – маємо більше 6.7 тис. публікацій за останні 5 років. При цьому Cluster 4 виокремлює ланцюжок «artificial intelligence, augmented reality, cloud computing, covid-19, e-learning, education». Це свідчить про те, що дослідники опікуються впливами і можливостями використання штучного інтелекту, доповненої реальності для освіти (загалом та для електронного навчання), а ключове слово covid-19 характеризує те, що науковці усвідомлюють і зазначають про значний вплив карантинних обмежень на освіту, яка використовувала хмарні технології у цей період;

- значно менша кількість досліджень представлена щодо освіти (education) в контексті хмарних технологій – 1.8 тис. публікацій. Їх бібліографічний аналіз свідчить про наявність кількох трендів, що визначені кластерами 1, 2, 3. Зокрема, прослідковуються ланцюжки зв'язків «cloud computing, COVID-19, e-learning, education technology, higher education», «artificial intelligence, deep learning, machine learning» та «cloud services, education, IoT»;

- для напрямку Teaching з використанням хмарних технологій за останні 5 років зафіксовано трохи більше 1 тис. публікацій. Аналіз цих публікацій виокремлює кілька ланцюжків: «blended learning, IoT, smart classroom, college English, online teaching, physics education, virtual reality» характеризує популярність досліджень з навчання англійської

мови і фізики, а також залучення віртуальної реальності та хмарних сервісів до організації освітнього процесу. Другий ланцюжок «COVID-19, distance education, e-learning, education technology, higher education, online learning, smart education» демонструє тренд впливу карантинних обмежень та пошук ефективних освітніх технологій для онлайн-навчання, особливо у вищій освіті. Третій ланцюжок «artificial intelligence, deep learning, Industry 4.0, teaching» пов'язує штучний інтелект з глибоким навчанням в умовах індустрії 4.0. Четвертий ланцюжок «augmented reality, education, learning, smart campus, teaching» свідчить про інтерес до доповненої реальності в освіті, п'ятий – «cloud technologies, ICT, information technology» пов'язує технології, а шостий «English teaching, internet» зосереджується на навчанні англійської за допомогою інтернет-технологій.

Проаналізуємо більш детально важливість ключових слів публікацій. границю відбору (мінімальну кількість ключових слів, що зустрічаються) для кожного із періодів визначимо такою, що надає можливість відібрати 28 ключових слів з 1427 за період 2009–2013 рр., 30 ключових слів із 4662 (2014–2018) та 38 із 15 538 (2019–2023).

Розробники vosviewer застосовують таку термінологію²³:

– зв'язок (link) – зв'язок або відношення між двома елементами (зокрема, ключовими словами);

– сила зв'язку (strength) – додатне числове значенням: чим воно вище, тим сильніший зв'язок;

– мережа (network) – набір елементів разом із зв'язками між ними;

– кластер (cluster) – набір елементів мережі, що є близькими один до одного за певною ознакою, позначений номером;

– вага (weight) елемента вказує на важливість елемента: елемент з вищою вагою вважається більш важливим, ніж елемент з меншою вагою;

– рахунок (score) – атрибут, що може вказувати на будь-яку числову властивість елементів.

Існує два стандартних атрибути ваги:

– $\text{weight}\langle\text{links}\rangle (w_l)$ – вага зв'язків: кількість зв'язків елемента з іншими елементами;

– $\text{weight}\langle\text{total link strength}\rangle (w_{\text{tls}})$ – вага загальної сили зв'язку: загальна сила зв'язків елемента з іншими елементами.

Додатково були використано атрибут $\text{weight}\langle\text{occurrences}\rangle (w_o)$ – при роботі з ключовими словами вказує кількість документів, у яких зустрічається ключове слово²⁴.

²³ Bukar U. A., Sayeed M. S., Razak S. F. A., Yogarayan S., Amodu O. A., Mahmood R. A. R. A method for analyzing text using VOSviewer. *MethodsX*, 2023. vol. 11, No. 102339. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102339>.

²⁴ Bukar U. A., Sayeed M. S., Razak S. F. A., Yogarayan S., Amodu O. A., Mahmood R. A. R. A method for analyzing text using VOSviewer. *MethodsX*, 2023. vol. 11, No. 102339. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102339>.

- $\text{score}\langle\text{avg. pub. year}\rangle (s_{\text{apy}})$ – середній рік публікації документів, у яких зустрічається дане ключове слово;
 - $\text{score}\langle\text{avg. citations}\rangle (s_{\text{ac}})$ – середня кількість цитувань документів, в яких зустрічається дане ключове слово;
 - $\text{score}\langle\text{avg. norm. citations}\rangle (s_{\text{anc}})$ – середня нормалізована кількість цитувань документів, в яких зустрічається дане ключове слово.
- Будемо аналізувати мережі ключових слів по 5 років (табл. 4).

Таблиця 4

Розподіл ключових слів за кластерами за період 2009–2013 рр.

№	Ключове слово	Кластер	w_l	$w_{l/s}$	w_o
1.	education	1	8	31	32
2.	higher education	1	8	24	20
3.	information technology	1	3	7	7
4.	knowledge management	1	6	10	9
5.	social networking	1	6	14	12
6.	technology acceptance model	1	4	8	7
7.	ubiquitous learning	1	6	14	10
8.	distance learning	2	4	7	11
9.	e-learning	2	14	86	63
10.	multimedia	2	3	8	7
11.	web services	2	4	10	8
12.	google docs	3	3	9	9
13.	learning	3	6	22	21
14.	teaching	3	1	5	11
15.	web 2.0	3	8	47	35
16.	architecture	4	4	15	8
17.	saas	4	5	20	8
18.	virtualization	4	5	27	21
19.	cloud	5	7	15	28
20.	cloud storage	5	2	2	8
21.	distance education	5	4	9	10
22.	cloud service	6	3	5	10
23.	m-learning	6	6	23	15
24.	mobile learning	6	8	24	21
25.	cloud computing	7	22	186	293
26.	smartphone	7	1	6	8
27.	cloud learning	8	2	10	11
28.	intelligent learning	8	1	8	8

Проаналізуємо ключові слова (концепти) у кожному кластері за вагою зв'язків (w_i).

У першому кластері найбільшу вагу зв'язків (8) мають відразу два ключових слова – «education» та «higher education» – вони є найбільш пов'язаними з іншими кластерами. Зокрема, «higher education» пов'язане із ключовими словами «e-learning» і «multimedia» другого кластеру, «learning» – третього та «cloud computing» – сьомого кластеру. А «education» із «e-learning» другого кластеру, «cloud» – п'ятого, «mobile learning» – шостого та «cloud computing» – сьомого кластеру.

Поряд з цим, найменшу вагу зв'язків (3) у даному кластері має ключове слово «information technology», яке має тільки одне зв'язане ключове слово із іншого кластеру – «cloud computing».

У другому кластері найбільшу вагу (14) має ключове слово «e-learning», яке має зв'язки з першим кластером (education, higher education, knowledge management), третім (learning, web 2.0), четвертим (architecture, saas), п'ятим (cloud, distance education) та шостим (mobile learning). В свою чергу «multimedia» має найменшу вагу (3) і пов'язана тільки з «higher education» другого кластеру і «cloud computing» сьомого.

У третьому кластері найбільшої ваги (8) має «web 2.0», а найменшої (1) – «teaching». Причому, «web 2.0» поєднано з першим кластером (social networking, ubiquitous learning), з другим (e-learning), з четвертим (saas), з п'ятим (distance education) та сьомим кластером (cloud computing). А «teaching» взагалі не має зв'язків з іншими кластерами.

У четвертому кластері знову максимальну вагу зв'язків (5) мають два ключових слова «saas» та «virtualization». Але цей зв'язок є лише з трьома кластерами. Для «saas» це другий, третій та сьомий кластери – «e-learning», «web 2.0», «cloud computing» відповідно. Для «virtualization» – п'ятий (cloud), шостий (m-learning) та сьомий (cloud computing). Ключове слово «architecture», яке має найменшу вагу зв'язків (4) у четвертому кластері, поєднується з другим і сьомим кластерами словами «e-learning» та «cloud computing» відповідно.

П'ятий кластер найбільшу вагу зв'язків (7) має у ключовому слові «cloud», що поєднується із словами «education» та «knowledge management» (перший кластер), «e-learning» (другий кластер), «virtualization» (четвертий кластер) та «cloud computing» (сьомий кластер). А ключове слово «cloud storage», яке має найменшу вагу (2) поєднується тільки із «cloud computing» сьомого кластеру.

У шостому кластері ключове слово «mobile learning» має найбільшу вагу зв'язків (8) та поєднується з чотирьома кластерами – першим (education, knowledge management, ubiquitous learning), другим (e-learning), сьомим (cloud computing) та восьмим (cloud learning). А слово «cloud service» (вага зв'язків – 3) має зв'язок лише із «cloud computing» сьомого кластеру.

«cloud computing» сьомого кластеру має не тільки найбільшу вагу зв'язків в середині кластеру, а й серед усіх ключових слів загалом. Її величина рівна 22. Поряд з цим, завдяки такій величині ваги, саме «cloud computing» має зв'язки з усіма кластерами окрім восьмого.

У восьмому кластері єдиний зв'язок з іншими кластерами спостерігається у ключовому слові «cloud learning», яке має вагу зв'язку 2. Причому цей зв'язок прослідковується лише із «mobile learning» шостого кластеру.

Аналогічно проаналізуємо розподіл ключових слів за кластерами і за вагою зв'язків (w_l) за період 2014–2018 роки (табл. 5).

Таблиця 5
Розподіл ключових слів за кластерами за період 2014–2018 рр.

№	Ключове слово	Кластер	w_l	w_{ls}	w_o
1.	artificial intelligence	1	9	16	21
2.	big data	1	18	158	145
3.	cloud platform	1	5	7	23
4.	data mining	1	9	28	23
5.	deep learning	1	9	25	37
6.	hadoop	1	11	37	25
7.	information technology	1	8	27	30
8.	internet of things	1	14	78	66
9.	iot	1	12	50	40
10.	machine learning	1	14	102	125
11.	cloud services	2	11	18	28
12.	cloud storage	2	8	17	30
13.	cloud technology	2	9	20	31
14.	collaboration	2	6	17	20
15.	collaborative learning	2	7	35	42
16.	education	2	15	95	100
17.	learning analytics	2	7	17	22
18.	cloud computing	3	28	504	721
19.	e-learning	3	22	195	179
20.	higher education	3	9	50	54
21.	m-learning	3	6	26	24
22.	mobile cloud computing	3	9	20	21
23.	mobile learning	3	9	40	47
24.	iaas	4	8	34	21
25.	ict	4	6	29	28
26.	saas	4	8	49	30
27.	virtualization	4	12	46	38
28.	cloud	5	14	51	61
29.	engineering education	5	4	15	20
30.	online learning	5	7	20	24

За період 2014–2018 роки у першому кластері найбільшу вагу зв'язків (18) має ключове слово «big data», яке поєднується із іншими кластерами через слова «cloud services» та «education» – другий кластер, «cloud computing» та «e-learning» – третій кластер, «virtualization» – четвертий

кластер та «cloud» й «online learning» – п'ятий кластер. Найменшу вагу зв'язків у першому кластері (5) має «cloud platform», яке не має жодного зв'язку з іншими кластерами.

У другому кластері найбільшу вагу (15) має слово «education» і пов'язане воно із усіма кластерами – з першим (big data, information technology, internet of things, iot), третім (cloud computing, e-learning, mobile cloud computing, mobile learning), четвертим (ict, virtualization) та п'ятим (cloud). З найменшою вагою зв'язків (6) є ключове слово «collaboration», яке має зв'язки з першим кластером (internet of things), третім (cloud computing, e-learning) та четвертим (ict).

З максимальною вагою зв'язків (28) у кластері і за період загалом є ключове слово «cloud computing». Воно зв'язане з кожним словом усіх кластерів окрім «cloud platform» з першого кластеру. А мінімальна вага (6) наявна у ключовому слові «m-learning», що зв'язує із четвертим кластером словом «saas».

У четвертому кластері слово «virtualization», що має найбільшу вагу зв'язків (12), поєднується із словами «big data», «information technology», «machine learning» (перший кластер), «collaborative learning», «education» (другий кластер) та «cloud computing», «e-learning», «higher education», «mobile cloud computing», «mobile learning» (третій кластер). Відповідно, слово «ict» з найменшою вагою (6) зв'язане із другим (collaboration, education) і третім (cloud computing, e-learning) кластерами.

У останньому, п'ятому кластері, найбільшу вагу зв'язків (14) має ключове слово «cloud». Воно пов'язане з усіма кластерами – першим (artificial intelligence, big data, deep learning, hadoop, internet of things, iot, machine learning), другим (cloud services, education), третім (cloud computing, e-learning) та четвертим (iaas). А слово з найменшою вагою (4) – «engineering education» має тільки один зв'язок з «cloud computing» третього кластеру.

Також нами побудовано загальну мережу ключових слів для статей англійською мовою (рис. 11).

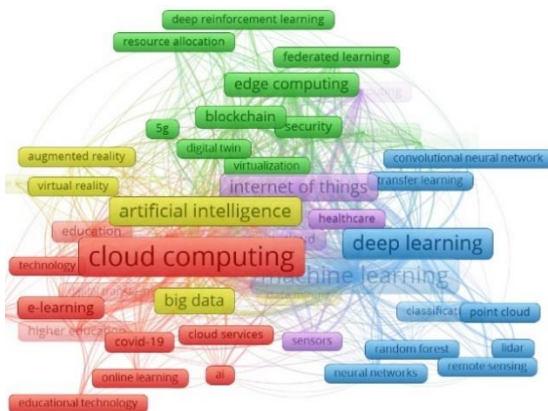


Рис. 11. Мережа для всіх ключових слів за 2019–2023 загалом

Цю мережу ми проаналізували більш детально за кількісними параметрами (w_l – кількість зв'язків елемента з іншими; w_{ls} – загальна сила зв'язків елемента з іншими елементами; w_o – кількість документів, у яких зустрічається ключове слово). Границю відбору (мінімальну кількість ключових слів, що зустрічаються) визначимо такою, що надає можливість відібрати 38 із 15 538 ключових слів (табл. 6).

У найбільшому першому кластері, який налічує 11 ключових слів, найбільшу вагу (29) має слово «blockchain». Воно споріднене із другим кластером (cloud computing, covid-19, digital transformation, e-learning, education, higher education, industry 4.0), третім кластером (artificial intelligence, augmented reality, big data, cloud platform, virtual reality), четвертим кластером (deep learning, machine learning) та усіма компонентами п'ятого кластеру (cloud, healthcare, internet of things, IoT, sensors). Найменшу вагу (14) у першому кластері має «deep reinforcement learning», що пов'язує його із другим кластером (cloud computing), третім кластером (artificial intelligence), четвертим кластером (deep learning, machine learning) та п'ятим кластером (internet of things).

У другому кластері найбільший показник ваги (36) має ключове слово «cloud computing». Воно має зв'язки з усіма іншими словами усіх наявних кластерів. Найменший показник ваги зв'язку (9) мають відразу два слова «educational technology» та «online learning». Причому першу зв'язане із першим (IoT), третім (artificial intelligence, big data) та п'ятим (IoT) кластерами. А друге – з третім (big data), четвертим (deep learning, machine learning) та п'ятим (IoT) кластерами.

Таблиця 6

Розподіл ключових слів за кластерами

№	Ключове слово	Кластер	w_i	w_{i_k}	w_o
1.	5G	1	26	108	76
2.	blockchain	1	29	391	234
3.	<i>deep reinforcement learning</i>	1	14	49	87
4.	digital twin	1	19	52	56
5.	edge computing	1	28	429	288
6.	federated learning	1	22	147	141
7.	fog computing	1	24	227	118
8.	Internet of Things (IoT)	1	23	176	154
9.	reinforcement learning	1	23	100	108
10.	resource allocation	1	15	75	68
11.	security	1	27	247	151
12.	cloud computing	2	36	1376	1357
13.	covid-19	2	28	205	129
14.	digital transformation	2	21	59	63
15.	e-learning	2	21	222	223
16.	education	2	22	151	154
17.	<i>educational technology</i>	2	9	41	60
18.	higher education	2	18	124	122
19.	industry 4.0	2	26	244	185
20.	information technology	2	11	45	65
21.	<i>online learning</i>	2	9	42	64
22.	artificial intelligence	3	35	839	561
23.	augmented reality	3	21	136	85
24.	big data	3	31	511	374
25.	<i>cloud platform</i>	3	12	37	84
26.	data mining	3	18	76	71
27.	virtual reality	3	17	95	73
28.	classification	4	20	102	76
29.	deep learning	4	34	765	729
30.	<i>lidar</i>	4	8	53	55
31.	machine learning	4	36	1249	1027
32.	point cloud	4	9	70	81
33.	remote sensing	4	11	48	56
34.	cloud	5	28	226	169
35.	healthcare	5	27	205	86
36.	Internet of things	5	34	730	472
37.	IoT	5	32	557	360
38.	sensors	5	19	123	63

Третій кластер характеризується максимальною вагою (35) у «artificial intelligence» та мінімальною (12) у «cloud platform». Причому, «artificial intelligence» має зв'язки з усіма ключовими словами кластерів окрім «resource allocation» першого кластеру і «online learning» другого. А «cloud platform» пов'язане із «5g», «blockchain», «digital twin» першого кластеру, «cloud computing» другого кластеру, «machine learning» четвертого кластеру та «internet of things», «IoT», «sensors» п'ятого кластеру.

У четвертому кластері спостерігаємо знову максимальну вагу зв'язків (36) у «machine learning», що свідчить про наявні зв'язки з усіма ключовими словами усіх кластерів. А найменшу вагу (8) має «lidar» із зв'язком з першим кластером (edge computing) та п'ятим кластером (internet of things, sensors).

Максимальне значення ваги зв'язку (34) п'ятого кластеру має «IoT», яке не має поєднання тільки із словами «information technology» та «online learning» другого кластеру. Мінімальне ж значення ваги (19) має слово «sensors», яке пов'язане із першим кластером (blockchain, edge computing, internet of things (IoT), security), другим кластером (cloud computing, covid-19, industry 4.0), третім кластером (artificial intelligence, augmented reality, big data, cloud platform, virtual reality) та четвертим кластером (deep learning, lidar, machine learning).

Загальна оцінка ваги по «головних» ключових словах дає підстави відкинути зелений кластер («blockchain» – 29), який більшою мірою пов'язаний із технологіями безпеки, периферійними і туманними обчисленнями, технологіями 5G. Найбільшу вагу серед ключових слів 36 має «cloud computing» червоного кластера. Цей кластер свідчить про потужний зв'язок хмарних технологій з covid-19 (вага – 28), «industry 4.0» (вага – 26) та цифровими трансформаціями в освіті (e-learning-21, education-22, educational technology-9, higher education-18, online learning-9).

Із зроблено аналізу та даних програми VOSviewer виділимо усі ключові слова, які мали максимальне значення (але не менше 10) ваги зв'язку у кластерах (табл. 7, рис. 12).

Таблиця 7

Узагальнення ключових слів по загальній вазі у кластері

Ключове слово	Загальна вага зв'язку		
	2009–2013	2014–2018	2019–2023
artificial intelligence	-	16	839
big data	-	158	511
blockchain	-	-	391
cloud	15	51	226
cloud computing	186	504	1376
cloud services	5	18	44
education	31	95	151
e-learning	86	195	222
internet of things	-	78	730
machine learning	-	102	1249
virtualization	27	46	-

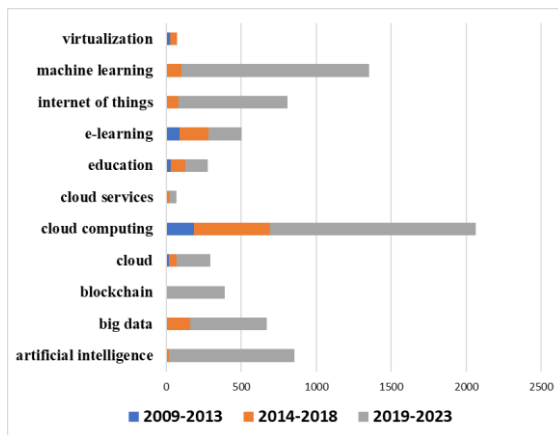


Рис. 12. Узагальнення ключових слів по загальній вазі у кластері

Аналіз виділених мереж та груп ключових слів у них характеризує наявні практики використання хмарних технологій в освіті за такими напрямками:

- вплив передових технологій (в галузях Індустрія 4.0, блокчейн, периферійних і туманних обчислень технологій 5G тощо) на розподілене і глибоке навчання;

- впровадження дистанційного, електронного і онлайн навчання, які реалізуються за допомогою хмарних технологій у вищій освіті; цифрові трансформації в освіті;

- вивчення впливу ШІ, віртуальної і доповненої реальності на освітню галузь; дослідження, які стосуються віртуалізації в освіті (virtual reality, augmented reality для навчання);

- машинне навчання (machine learning) і глибоке навчання як окремі напрями в освіті;

- дослідження, пов'язані з цифровими технологіями здоров'я (особливо у підготовці медичного персоналу та майбутніх фахівців з реабілітації) та Інтернетом речей.

Узагальнення наявних практик дає підстави для прогнозування напрямів майбутніх досліджень у сфері використання хмарних технологій в освіті: (1) дослідження різних аспектів цифрової освітньої діяльності (організація навчання, дистанційне навчання, онлайн-навчання, управління навчанням, технології навчання тощо), які будуть швидко модифікуватися під впливом Індустрії 4.0, технологій блокчейн,

периферійних і туманних обчислень, технологій 5G тощо і сприятимуть розвитку освітнього менеджменту, технологій оцінювання знань та педагогічного дизайну; (2) посилення інтересу до віртуалізації навчання та використання штучного інтелекту, що дасть поштовх для розвитку імерсивних технологій в освіті та використання хмарних сервісів, а також розвиток персоналізованого навчання, коучинга, педагогічного супроводу для розбудови індивідуальних освітніх траєкторій; (3) дослідження особливостей упровадження методик навчання іноземної мови з використанням хмарних сервісів, що дасть поштовх для розвитку методик навчання в інших галузях знань; (4) розвиток у галузі цифрових технологій здоров'я зумовить дослідження, пов'язані з медичною підготовкою та модернізацією освітніх програм підготовки фахівців дотичних галузей; (5) актуалізується потреба розроблення нових курсів з опанування хмарних технологій і сервісів фахового спрямування.

Обговорення

Обговорення результатів по наукометричній базі Web of Science

Представлені результати не суперечать оглядовим дослідженням використання інформаційних і цифрових технологій в освіті останніх років.

Цифрова трансформація освіти через зростання популярності хмарних технологій в освіті і навчанні фіксується низкою інших публікацій за різними аспектами реалізації освітньої діяльності. Стаття ²⁵ досліджує віртуальний образ університетів. Автори наголошують, що сьогодні лише один з чотирьох університетів має виважену цифрову стратегію, і доводять, що цифрові перетворення здатні забезпечити якісну та конкурентоспроможну освіту на основі передової аналітики, хмарних технологій та штучного інтелекту. Інший аспект цифрової трансформації освіти представлено у роботі ²⁶, яка аналізує стан розвитку розумних кампусів та університетів під впливом ключових технологій суспільства. У статті описуються комунікаційні архітектури та досліджується використання блокчейну в освітніх програмах

²⁵ Fernandez A., Gomez B., Binjaku K., Meçe E. K. Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal literature review. *Education and information technologies*, 2023. Vol. 28. Pp. 12351–12382. <http://doi.org/10.1007/s10639-022-11544-0>.

²⁶ Fernandez-Carames T.M., Fraga-Lamas P. Towards Next Generation Teaching, Learning, and Context-Aware Applications for Higher Education: A Review on Blockchain, IoT, Fog and Edge Computing Enabled Smart Campuses and Universities. *Applied sciences-Basel*, 2019. Vol. 9(21). P. 4479. <http://doi.org/10.3390/app9214479>.

університетів. Стаття²⁷ присвячена аналізу концепції розумного міста, в якій одне з провідних місць займає SMART-освіта на базі передових обчислювальних технологій (IoT, штучний інтелект, блокчейн, великі дані та хмарні обчислення). Огляд досліджень в²⁸ торкається проблем інтеграції технологій Blockchain та IoT і демонструє розвиток надійних розподілених програм у галузі розумної освіти. Інший аспект цифрової трансформації освіти – використання соціальних мереж аналізується у статті²⁹. Узагальнення більше 700 публікацій щодо використання Facebook підтвердило цей тренд показало, що використання соціальних медіа в освіті обумовлено зовнішніми факторами і поведінковими намірами суб'єктів освітнього процесу (користувачки, соціальні та технологічні аспекти). Автори публікації³⁰ за аналізом більше 1 тис. джерел та ключових слів у них визначили освітні перспективи цифрового навчання, серед яких онлайн-навчання та розвиток цифрових навчальних середовищ, які будуються з використанням хмарних технологій.

Вплив Індустрії 4.0 на різні аспекти освітньої процесу (управління, дизайн, технології навчання тощо) підтверджують оглядові роботи інших науковців. Так, у роботі³¹ зроблено висновок про те, що Індустрія 4.0 позитивно вплинула на кількість і якість навчальних курсів, які поширюються онлайн і вважаються масовими. Автори відзначають перспективність машинного навчання, блокчейну, технології гейміфікації, які надаватимуть студентам багатший індивідуальний досвід. Інший аспект розвитку освіти під впливом Індустрії 4.0 описано у³². Автори відзначають запит суспільства на формування умінь автономної роботи, а тому наголошують на важливості використання в

²⁷ Rani S. Amalgamation of Advanced Technologies for Sustainable Development of Smart City Environment: A Review. *IEEE Access*, 2021. Vol. 9. Pp. 150060-150087. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3125527>.

²⁸ Chen Y., Lu Y., Bulysheva L., Kataev M. Yu. Applications of Blockchain in Industry 4.0: a Review. *Information systems frontiers*, 2022. <http://doi.org/10.1007/s10796-022-10248-7>.

²⁹ Al-Qaysi N., Granić A., Al-Emran M., Ramayah T., Garces E., Daim T.U. Social media adoption in education: A systematic review of disciplines, applications, and influential factors. *Technology in Society*, 2023. Vol. 73. P. 102249. <http://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102249>.

³⁰ Vaicondam Y., Sikandar H., Irum S., Khan N., Qureshi M. I. Research Landscape of Digital Learning Over the Past 20 Years: A Bibliometric and Visualisation Analysis. *International Journal of Online and biomedical engineering*, 2022. Vol.18(8). Pp. 4-22. <http://doi.org/10.3991/ijoe.v18i08.31963>.

³¹ Ahmad I., Sharma S., Singh R., Gehlot A., Priyadarshi N., Twala B. MOOC 5.0: A Roadmap to the Future of Learning. *Sustainability*, 2022. Vol. 14(18). 11199. <http://doi.org/10.3390/su141811199>.

³² Hernandez-de-Menendez M., Diaz C.E.A., Morales-Menendez R. Engineering education for smart 4.0 technology: a review. *International Journal of interactive design and manufacturing*, 2020. Vol. 14(3). Pp. 789-803. <http://doi.org/10.1007/s12008-020-00672-x>.

університетських програмах професійної підготовки фахівців симуляції, горизонтальної та вертикальної інтеграції, доповненої реальності, кібербезпеки, а також великих даних та аналітики. Проблема оцінювання навчальних досягнень піднімається у³³. Автори після аналізу наявних наукових результатів з урахуванням широкого використання цифрових технологій Індустрії 4.0 (великі дані, хмарні обчислення та штучний інтелект) у вищій освіті прогнозують новий підхід до системи оцінювання – перехід від односторонньої до інтерактивної передачі\ оцінювання знань з організацією простору для обміну ідеями.

В наукових роботах також прослідковується поступове зростання кількості досліджень щодо використання штучного інтелекту в навчанні. У статті³⁴ представлено аналіз впливу штучного інтелекту на вищу освіту. Автори доходять висновків: штучний інтелект перебуває на стадії зародження для сфери освіти, але в майбутньому впливатиме на вирішення освітніх завдань. У іншій роботі³⁵ автори аналізують використання ChatGPT в освіті, відзначають неоднозначність сприйняття цього інструменту вчителями і водночас доводять, що поява ШІ вже вплинула на освітній простір, а тому потрібні більш глибокі дослідження його використання. Вплив ШІ, машинного навчання та методів глибокого навчання на організацію освітнього процесу (вступ до університету, складання розкладу і створення курсів) аналізовано у роботі³⁶. За результатами аналізу 195 оригінальних наукових авторів піднімають етичні проблеми використання штучного інтелекту в освіті.

Тренд віртуалізації освітнього процесу обґрунтовано у³⁷. В огляді одержано результати, які свідчать, що найбільший інтерес дослідницької спільноти становлять нові навчальні середовища, платформи для

³³ Yurchenko A., Drushlyak M., Sapozhnykov S., Teplytska A., Koroliova L., Semenikhina O. Using online IT-industry courses in the computer sciences specialists' training. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 2021. Vol. 21(11). Pp. 97-104. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.11.13>.

³⁴ Mukul E., Buyukozkan G. Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological forecasting and social change*, 2023. Vol. 194. 122664. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122664>.

³⁵ Grassini S. Shaping the Future of Education: Exploring the Potential and Consequences of AI and ChatGPT in Educational Settings. *Education Sciences*, 2023. Vol. 13(7). P. 692. <http://doi.org/10.3390/educsci13070692>.

³⁶ Mallik S., Gangopadhyay A. Proactive and reactive engagement of artificial intelligence methods for education: a review. *Frontiers in artificial intelligence*, 2023. No 6. 1151391. <http://doi.org/10.3389/frai.2023.1151391>.

³⁷ Scalera M., Gentile E., Plantamura P., Dimauro G. A Systematic Mapping Study in Cloud for Educational Innovation. *Applied sciences-Basel*, 2020. Vol. 10(13). Pp. 4531. <http://doi.org/10.3390/app10134531>.

співпраці та віртуальні лабораторії. Інша робота ³⁸ підтверджує потенціал технологій віртуальної реальності (VR) в розвитку освітніх технологій та організації навчальної діяльності. Водночас автори констатують, що застосування технологій VR у сфері архітектурно-проектної освіти все ще обмежене. У статті ³⁹ представлено огляд інноваційних методів, технік та інструментів навчання, які базуються на хмарних обчисленнях. Автори доводять перспективність таких підходів, проте зазначають про малу загальну кількість відповідних емпіричних досліджень (лише 17% із 940 публікацій базуються на емпіричних даних). У роботі ⁴⁰ досліджувалися Technology Acceptance model. На основі аналізу більше 100 публікацій автори констатували недостатність внутрішньої мотивації суб'єктів освітнього процесу до використання цифрових рішень і підтвердили потребу подальшого вивчення змішаних методів навчання.

Розширення досліджень ефективності різних видів навчання та методик навчання на базі хмарних сервісів як тренд також узгоджується з висновками низки публікацій. Так, у ⁴¹ за результатами аналізу 429 дослідницьких статей доведено, що хмарні технології можуть стати базою для дистанційного навчання і можуть позитивно вплинути на якість освіти у країнах, які розвиваються. Інша стаття ⁴² узагальнює наукові результати, пов'язані з гібридним навчанням. Автори доходять до висновку про революційність штучного інтелекту по відношенню до офлайн і онлайн освіти через кардинальну зміну у спілкуванні суб'єктів освітнього процесу, о також принципово нове бачення побудови освітнього середовища. Публікація ⁴³ подає огляд наукових результатів застосування інформаційних технологій у професійній освіті. Результати огляду свідчать, що використання ІКТ для закладів

³⁸ AL-Kebsi S.I., Mostafa A.O.M.S. Trends and Challenges of Virtual Reality in Architectural Design Education. *Journal of Architecture and Planning-king Saud university*, 2021. Vol. 33(2). pp. 191-215. <http://doi.org/10.33948/JAP-KSU-33-2-3>.

³⁹ Scalera M., Gentile E., Plantamura P., Dimauro G. A Systematic Mapping Study in Cloud for Educational Innovation. *Applied sciences-Basel*, 2020. Vol. 10(13). Pp. 4531. <http://doi.org/10.3390/app10134531>.

⁴⁰ Semenikhina O., Kudrina O., Koriakin O., Ponomarenko L., Korinna H., Krasilov A. The Formation of Skills to Visualize by the Tools of Computer Visualization. *TEM Journal*, 2020. Vol. 9(4). Pp. 1704-1710. <http://doi.org/10.18421/TEM94-51>.

⁴¹ Thavi R., Jhaveri R., Narwane V., Gardas B., Navimipour N. J. Role of cloud computing technology in the education sector. *Journal of engineering design and Technology*, 2021. <http://doi.org/10.1108/JEDT-08-2021-0417>.

⁴² Almusaed A., Yitmen I., Homod R.Z. Enhancing Student Engagement: Harnessing "AIED"'s Power in Hybrid Education-A Review Analysis. *Education Sciences*, 2023. Vol. 13(7). 632. <http://doi.org/10.3390/educsci13070632>.

⁴³ Hassan R.H., Hassan M. T., Naseer S., Khan Z., Jeon M. ICT Enabled TVET Education: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 2021. Vol. 9. Pp. 81624-81650. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085910>.

професійної освіти є незначним, особливо для моніторингу та оцінювання результатів навчання. Автори наголошують на необхідності вивчення робототехніки, наук про дані, штучного інтелекту і хмарних обчислень. Робота ⁴⁴ присвячена удосконаленню методики навчання англійської мови. Автори дійшли висновку, що AI позитивно впливає на результати навчання з точки зору оптимізації навичок англійської мови, перекладу, оцінки, розпізнавання, ставлення, задоволеності. У дослідженнях відзначено доцільність використання машинного навчання, нейронних мереж, генетичних алгоритмів, глибокого навчання, інтелектуальний аналіз даних, хмарних обчислень тощо.

Тренд унаочнення та візуального аналізу в освіті суголосний висновкам інших досліджень. Так, стаття ⁴⁵ присвячена аналізу трендів, які пов'язані з візуальним представленням великих даних. Автори наголошують, що віртуальна і доповнена реальність створюють нову основу для візуалізації, представлення та розуміння даних. У роботі ⁴⁶ отримано освітні результати на основі візуальної аналітики (візуальні дані, візуальні мережі і хмари слів). Ефективність інформаційної візуалізації представлена у статті ⁴⁷, де автори доводять ефективність використання візуальних матеріалів, створених на базі хмарних сервісів. Дослідження ⁴⁸ здійснює аналіз зв'язків між візуальним і комп'ютерним мисленням. На прикладі викладання сучасного мистецтва автори показують, що воно ґрунтується на принципах алгоритмізації і програмування в рамках steam освіти. Розвиток візуального мислення сьогодні може розвиватися з використанням хмарних технологій, про що

⁴⁴ Sharadgah T.A., Sa'di R.A. A systematic review of research on the use of artificial intelligence in English language teaching and learning (2015-2021): what are the current effects? *Journal of information technology education-research*, 2022. Vol. 21. Pp. 337-377. <http://doi.org/10.28945/4999>.

⁴⁵ Tamayo J.L.R., Hernandez M.B., Gomez H.G. Digital Data Visualization with Interactive and Virtual Reality Tools. Review of Current State of the Art and Proposal of a Model. *Revista icono 14-revista científica de comunicacion y tecnologias*, 2018. Vol. 16(2). Pp. 40-65. <http://doi.org/10.7195/ri14.v16i2.1174>.

⁴⁶ Herrada R.I., Banos R., Alcayde A. Student Response Systems: A Multidisciplinary Analysis Using Visual Analytics. *Education Sciences*, 2020. Vol. 10(12). 348. <http://doi.org/10.3390/educsci10120348>.

⁴⁷ Liu Z.J., Levina V., Frolova Y. Information Visualization in the Educational Process: Current Trends. *International Journal of emerging technologies in learning*, 2020. Vol. 15(13). Pp. 49-62. <http://doi.org/10.3991/ijet.v15i13.14671>.

⁴⁸ Su J.H., Yang W.P. Digital competence in early childhood education: A systematic review. *Education and information technologies*, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11972-6>.

наголошується у ⁴⁹, а важливість формування навичок візуалізації для вчителя обґрунтована у ⁵⁰.

Учителі не завжди готові до використання хмарних технологій у власній професійній діяльності. Підготовку майбутніх учителів до використання хмарних технологій і сервісів часто сповільнює відсутність доступу до мережі інтернет та незадовільний технічний стан і рівень комп'ютеризації закладів освіти. У звіті юнеско «global education monitoring report, 2023: technology in education: a tool on whose terms?» ⁵¹ зазначено, що лише 10% учнів старшої школи використовують цифрові технології більше години на тиждень. У тому ж звіті наголошується на тому, що кількість начального контенту збільшується, проте замало чинників, які забезпечують його якість. Автори звіту відзначають, що суспільство не встигає накопичити достатню кількість фактологічних даних, які б підтвердили характер впливу технологій на освіту і констатують психологічну нестабільність молоді під час онлайн-навчання.

Обговорення результатів по наукометричній базі Scopus

Виявлені результати за аналізом наукометричної бази Scopus узгоджуються з дослідженнями останнього року.

Підтвердження впливу передових технологій (в галузях Індустрія 4.0, блокчейн, периферійних і туманних обчислень технологій 5G тощо) на розподілене і глибоке навчання знаходимо у працях ⁵² та ⁵³. Науковці відзначають переваги розподіленого навчання (зокрема, збереження конфіденційності) і підтвердили його вразливі місця (зокрема, розподілене навчання вразливе до агресивних впливів, метою яких є зниження точності та ефективності). В інших публікаціях наголошується на більш ефективному використанні глибокого навчання на відміну від

⁴⁹ Tamayo J.L.R., Hernandez M.B., Gomez H.G. Digital Data Visualization with Interactive and Virtual Reality Tools. Review of Current State of the Art and Proposal of a Model. *Revista icono 14-revista científica de comunicacion y tecnologias*, 2018. Vol. 16(2). Pp. 40-65. <http://doi.org/10.7195/ri14.v16i2.1174>.

⁵⁰ Technology in education: a tool on whose terms? *Global education monitoring report, UNESCO*, 2023 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>.

⁵¹ Technology in education: a tool on whose terms? *Global education monitoring report, UNESCO*, 2023 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>.

⁵² Almutairi S., Barnawi A. Federated learning vulnerabilities, threats and defenses: A systematic review and future directions. *Internet of Things (Netherlands)*, 2023. Vol. 24. art. no. 100947. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100947>.

⁵³ Sharma G., Chamikara M.A.P., Chhetri M.B., Chen Y.-P.P. SoK: Systematizing Attack Studies in Federated Learning – From Sparseness to Completeness. *Proceedings of the ACM Conference on Computer and Communications Security*, 2023. Pp. 579-592. <https://doi.org/10.1145/3579856.3590328>.

машинного навчання для перевірки письмових робіт (есе)⁵⁴, використання глибокого навчання у біології рослин⁵⁵ та медичної освіти⁵⁶.

Вплив ШІ на освіту знаходимо в оглядовій роботі⁵⁷, де автори доводять вплив технологій віртуальної і доповненої реальності на ефективність викладання. Також підтвердженням наших висновків є огляд⁵⁸, в якому автори досліджують використання імерсивних технологій в навчанні фахівців різних галузей промисловості.

Актуальність використання віртуальної і доповненої реальності в медицині підтверджено в⁵⁹. Автори доводять, що VR/AR-моделювання є ефективним і перспективним підходом для лікування різних тривожних фобій і розладів, а також автори стверджують, що середовище симуляції може дозволити людям вчитися протистояти негативним впливам і розвиватися в контрольованому і безпечному середовищі.

Висновки про актуальність впровадження дистанційного, електронного і онлайн навчання корелюють з висновками досліджень^{60,61,62}. Zwane Siyabonga Alfa і Mudau Patience Kelebogile провели

⁵⁴ Yang H., He Y., Bu X., Xu H., Guo W. Automatic Essay Evaluation Technologies in Chinese Writing – A Systematic Literature Review. *Applied Sciences* (Switzerland), 2023. Vol. 13(19). Art. no. 10737. <https://doi.org/10.3390/app131910737>.

⁵⁵ Chen Y., Huang Y., Zhang Z., Wang Z., Liu B., Liu C., Huang C., Dong S., Pu X., Wan F., Qiao X., Qian W. Plant image recognition with deep learning: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2023. Vol. 212. Art. no. 108072. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108072>.

⁵⁶ Heyn L.G., Brembo E.A., Byermon K.R., Cruaud C., Eide H., Flo J., Nordsteien A., Overgaard G., Egilsdottir H.Ö. Exploring facilitation in virtual simulation in nursing education: A scoping review. *PEC Innovation*, 2023. Vol. 3. Art. no. 100233. <https://doi.org/10.1016/j.pecinn.2023.100233>.

⁵⁷ Dong W., Zhou M., Zhou M., Jiang B., Lu J. An overview of applications and trends in the use of extended reality for teaching effectiveness: an umbrella review based on 20 meta-analysis studies. *Electronic Library*, 2023. Vol. 41 (5). Pp. 557-577, <https://doi.org/10.1108/EL-11-2022-0257>.

⁵⁸ Babalola A., Manu P., Cheung C., Yunusa-Kaltungo A., Bartolo P. Applications of immersive technologies for occupational safety and health training and education: A systematic review. *Safety Science*, 2023. Vol. 166. Art. no. 106214. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106214>.

⁵⁹ Carlson C.G. Virtual and Augmented Simulations in Mental Health. *Current Psychiatry Reports*, 2023. Vol. 25 (9). Pp. 365-371, <https://doi.org/10.1007/s11920-023-01438-4>.

⁶⁰ Zwane S., Mudau P. Student Teachers' Experiences of Open Distance e-Learning Support in a Posthuman Era: A Learner Engagement Perspective. *JCSR*, 2023. vol. 5. no. 1. pp. 13-33.

⁶¹ Millidonis T., Lois P., Georgiou I., Tsoukatos E. How teachers are affected by institutional actions aiming to enhance e-learning effectiveness in higher education. *International Journal of Educational Management*, 2022. Vol. 37. No. 6/7. pp. 1142-1161. <https://doi.org/10.1108/IJEM-09-2022-0371>.

⁶² Mallon Sh., Richards Ch., Rixon A. Student and teacher experiences of online synchronous learning. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 2023. No 5. pp. 1688-1705. <https://doi.org/10.1108/JARHE-01-2022-0011>.

дослідження доцільності дистанційного навчання у Південній Африці і дійшли висновку про його важливість, особливо для дітей з сільської місцевості⁶³. Автори стверджують, що відстань між студентом і навчальним закладом, студентом і викладачем, студентом та іншими студентами можна подолати і скоротити через надання пристроїв з виходом в Інтернет ІКТ-семінари і тренінги. Це є важливим, оскільки навчання є нелінійним і сьогодні може здійснюватися на відстані через технологічні пристрої. Millidonis Theodoros та ін. досліджували практики впровадження е-навчання і відзначились, що такі практики недостатньо повно і системно обговорюються з позицій вчителя⁶⁴. Вони наголосили на важливості врахування поглядів викладачів з метою розвитку систем електронного навчання. Mallon Sharon та ін. зосередилися онлайн-синхронному середовищі і досліджували відповідний досвід викладачів та студентів⁶⁵. Узагальнення більше, ніж 60-ти праць підтвердили можливості для вдосконалення онлайн-навчання, а тому онлайн-навчання слід вважати актуальним трендом в освіті.

Наш висновок про перспективність напрямів machine learning і deep learning підтверджується у⁶⁶. В цьому огляді автори обґрунтовують важливість STEM-освіти, для оцінювання якої важливі традиційні алгоритми, що базуються на машинному навчанні) та передові алгоритми (наприклад, глибоке навчання, нейронні нечіткі системи). В іншому огляді⁶⁷ автори систематизують дослідження використання моделей машинного навчання в нейрохірургії і приходять до висновку, що моделі машинного навчання ефективно вирішують різні нейрохірургічні завдання, пов'язані з класифікацією навичок, виявленням об'єктів і прогнозуванням результатів. Інший

⁶³ Zwane S., Mudau P. Student Teachers' Experiences of Open Distance e-Learning Support in a Posthuman Era: A Learner Engagement Perspective. *JCSR*, 2023. vol. 5. no. 1. pp. 13-33.

⁶⁴ Millidonis T., Lois P., Georgiou I., Tsoukatos E. How teachers are affected by institutional actions aiming to enhance e-learning effectiveness in higher education. *International Journal of Educational Management*, 2022. Vol. 37. No. 6/7. pp. 1142-1161. <https://doi.org/10.1108/IJEM-09-2022-0371>.

⁶⁵ Mallon Sh., Richards Ch., Rixon A. Student and teacher experiences of online synchronous learning. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 2023. No 5. pp. 1688-1705. <https://doi.org/10.1108/JARHE-01-2022-0011>.

⁶⁶ Ouyang F., Dinh T., Xu W. A Systematic Review of AI-Driven Educational Assessment in STEM Education. *Journal for STEM Education Research*, 2023. Vol. 6. pp. 1-19. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00112-x>.

⁶⁷ Titov O., Bykanov A., Pitskhelauri D. Neurosurgical skills analysis by machine learning models: systematic review. *Neurosurg Rev*, 2023. Vol. 46. pp. 121. <https://doi.org/10.1007/s10143-023-02028-x>.

перспективний напрям – Deepfake, дослідження якого подано в огляді ⁶⁸. Стаття надає загальне уявлення про особливості створення та найсучасніші методи виявлення фейків. Автори прогнозують перспективність deep learning в контексті суспільних викликів щодо фейків та майбутніх дослідницьких трендів у контексті навчання.

Висновок про актуальність цифрових технологій здоров'я у підготовці медичного персоналу та майбутніх фахівців з реабілітації підтверджується дослідженнями інших науковців. у статті ⁶⁹ автори доходять висновку про важливість навчання інтерпретувати і розуміти технології, засновані на даних в контексті клінічного навчання. інше дослідження ⁷⁰ про вплив технологій 5g в епоху інтернету речей (iot) наголошує на інтеграції штучного інтелекту і машинного навчання, великих даних, хмарних обчислень та робототехніки для технологій цифрового здоров'я. автори наголошують на важливості використання хмарних технологій у поліпшенні медичних послуг і покращенні досвіду медичних працівників.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз дає підстави до низки висновків за публікаціями у web of science.

1) розвиток інформаційних технологій зумовив появу хмарних обчислень, які якісно вплинули на освітню галузь. через карантинні обмеження хмарні технології стали рушієм розвитку освітніх технологій навчання та актуалізували розвиток інформальної та неформальної освіти. завдяки розвитку цифрових технологій масові онлайн-курси матимуть не лише кращий доступ, а й передбачатимуть адаптивне навчання і покращену безпеку для доступу до технологій індустрії 4.0 (інтернет речей, великих даних, штучного інтелекту). збільшення онлайн-курсів неминуче призведе до їх нової якості. тому актуальним вважаємо напрям досліджень, який буде пов'язаний із розвитком масових онлайн-курсів та технологій навчання на них: імерсивні технології, використання віртуальної, доповненої і змішаної реальності, ігрові технології навчання, а також byod-підхід. станом на сьогодні вони

⁶⁸ Amal N., Ridouani M., Salahdine F., Kaabouch N. Deepfake Attacks: Generation, Detection, Datasets, Challenges, and Research Directions. *Computers*, 2023. Vol. 12. No. 10. pp. 216. <https://doi.org/10.3390/computers12100216>.

⁶⁹ Roy S., Pal D., Meena T. Explainable artificial intelligence to increase transparency for revolutionizing healthcare ecosystem and the road ahead. *New Model Anal Health Inform Bioinforma*, 2024. Vol. 13. No. 4. <https://doi.org/10.1007/s13721-023-00437-y>.

⁷⁰ Rahman M. M., Khatun F., Sami S. I., Uzzaman A. The evolving roles and impacts of 5G enabled technologies in healthcare: The world epidemic COVID-19 issues. *Array* (New York, N.Y.), 2022. vol. 14. Art. no 100178. <https://doi.org/10.1016/j.array.2022.100178>

досліджені фрагментарно і потребують додаткового вивчення та систематизації;

2) індустрія 4.0 прискорить все більшу віртуалізацію університетів, забезпечення онлайн-навчання, а також цифровізацію управлінських та організаційних рішень на адміністративному рівні. важливим аспектом стане неперервність освіти разом із цифровою безпекою кожного суб'єкта освітнього процесу, тому актуальними будуть дослідження з використання технологій блокчейн. посилений інтерес до штучного інтелекту, машинного і глибокого навчання обумовлять нову якість в індивідуалізації освітнього процесу. буде розвиватися інклюзивне навчання, актуальними стануть навчальна аналітика та оцінювання навчальних результатів (формувальне оцінювання та адаптивне комп'ютерне оцінювання за індивідуальними результатами);

3) освіта сьогодні потребує цифрових навичок 21-го століття, а тому актуальним трендом буде випереджувальна підготовка учителів використовувати хмарні технології. освітньо-професійні програми підготовки вчителів мають передбачити опанування не лише хмарних технологій загалом. важливим буде розвиток уявлень про хмарні технології і сервіси предметного спрямування. тому перспективним є дослідження використання спеціалізованих сервісів у предметному навчанні. поширення штучного інтелекту в освіті обумовить дослідження ефективності відповідних методик навчання, що передбачатиме завчасну підготовку вчителів до ефективного використання ші у педагогічній діяльності. викликом для працюючих учителів може стати проблема мотивації використовувати хмарні технології у професійній діяльності. пошук ефективних онлайн-моделей стажування вчителів стане іншим перспективним трендом досліджень.

4) аналіз будь-яких процесів сьогодні стикається з проблемою опрацювання великих даних, які можуть бути візуалізовані за допомогою хмарних технологій. тому дослідження, пов'язані з їх унаочненням (дизайн, симуляція, моделювання різноманітних процесів тощо), залишаться перспективними. актуалізується потреба у розробленні нових навчальних дисциплін (наприклад, «interaction design», «human-computer interaction», «user experience») для представлення різних даних та дизайну динаміки їх взаємодії. додаткової популярності набуде тренд унаочнення в освіті та тренд відповідної підготовки вчителів розробляти візуальні образи моделей знань і використовувати їх в навчанні;

5) сьогодні затребуваними є навички критичного, алгоритмічного, обчислювального, візуального мислення і моделювання, які формуються на міжпредметній основі. тому набуватиме популярності тренд

досліджень stem і steam-освіти як розвиток міжпредметних зв'язків між природничими науками, математикою, інженерією та цифровими технологіями.

Аналіз публікацій у наукометричній базі scopus підтвердив актуальність досліджень щодо використання хмарних технологій в освіті та показав тісний зв'язок між сучасними технологіями навчання та хмарними технологіями. розробники цифрових засобів і додатків пропонують нові рішення для організації, адміністрування та супроводу освітніх програм і технологій навчання. віртуальна і доповнена реальність є основою для підготовки фахівців. поширення штучного інтелекту, а також методів глибокого та машинного навчання зумовлюють додаткові тренди розвитку галузі освіти. сумаризація наявних практик створює базу для прогнозування розвитку онлайн-навчання під впливом індустрії 4.0, технологій блокчейн, периферійних і туманних обчислень, технологій 5g; посилення віртуалізації навчання та використання штучного інтелекту для розвитку імерсивних технологій в освіті, персоналізованого навчання; розвиток методик навчання іноземних мов на основі методів машинного навчання та ші, що сприятиме розвитку методик навчання в інших галузях знань; розвиток цифрових технологій у сфері охорони здоров'я; поява нових начальних онлайн-курсів спеціалізованого спрямування.

АНОТАЦІЯ

У статті розглядається використання хмарних технологій в освіті під кутом бібліографічного аналізу. Стаття характеризує поточний стан використання хмарних технологій в освіті, узагальнює тенденції та прогнозує напрями актуальних наукових розвідок. Методами дослідження стали візуальний і кількісний аналіз мереж ключових слів та якісне обговорення. Бібліографічний аналіз здійснювався на публікаціях, які індексуються наукометричними базами Web Of Science та Scopus. Вибірка для аналізу утворена через пошук за словами cloud technology, education, learning, teaching. Результати аналізу засвідчили: значне зростання популярності хмарних технологій в освіті в останні роки; зростання кількості досліджень, які стосуються різних аспектів освітньої діяльності під впливом індустрії 4.0; поступове зростання кількості досліджень з віртуалізації освітнього процесу та використання штучного інтелекту в навчанні; поширення досліджень ефективності різних типів навчання з використанням хмарних сервісів та методик навчання на базі штучного інтелекту; актуальність тренду унаочнення навчального матеріалу та візуального аналізу в освіті. якісне обговорення надало підстави прогнозувати напрями актуальних

досліджень: розвиток масових онлайн-курсів та технологій навчання (імерсивні, використання віртуальної, доповненої і змішаної реальності, ігрові технології навчання, byod-підхід); подальша віртуалізація університетів; розвиток інклюзивного навчання, навчальної аналітики та оцінювання (формувальне та адаптивне комп'ютерне оцінювання); випереджувальна підготовка учителів використовувати хмарні технології і спеціалізовані сервіси у предметному навчанні; дослідження, пов'язані з унаочненням (великі дані, дизайн, симуляція, моделювання різноманітних процесів тощо) та розробленням нових навчальних дисциплін для представлення різних даних; дослідження stem і steam-освіти.

Література

1. Adtani R., Neelam N., Raut R., Deshpande A., Mittal A. Embracing ICT in academia: adopting and adapting to the new normal pedagogy. *Global knowledge memory and communication*, 2023. <https://doi.org/10.1108/GKMC-03-2023-0089>.
2. Ahmad I., Sharma S., Singh R., Gehlot A., Priyadarshi N., Twala B. MOOC 5.0: A Roadmap to the Future of Learning. *Sustainability*, 2022. Vol. 14(18). 11199. <http://doi.org/10.3390/su141811199>.
3. AL-Kebsi S.I., Mostafa A.O.M.S. Trends and Challenges of Virtual Reality in Architectural Design Education. *Journal of Architecture and Planning-king Saud university*, 2021. Vol. 33(2). Pp. 191-215. <http://doi.org/10.33948/JAP-KSU-33-2-3>.
4. Almusaed A., Yitmen I., Homod R.Z. Enhancing Student Engagement: Harnessing "AIED"'s Power in Hybrid Education-A Review Analysis. *Education Sciences*, 2023. Vol. 13(7). 632. <http://doi.org/10.3390/educsci13070632>.
5. Almutairi S., Barnawi A. Federated learning vulnerabilities, threats and defenses: A systematic review and future directions. *Internet of Things (Netherlands)*, 2023. Vol. 24. art. no. 100947. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100947>.
6. Al-Qaysi N., Granić A., Al-Emran M., Ramayah T., Garces E., Daim T.U. Social media adoption in education: A systematic review of disciplines, applications, and influential factors. *Technology in Society*, 2023. Vol. 73. P. 102249. <http://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102249>.
7. Amal N., Ridouani M., Salahdine F., Kaabouch N. Deepfake Attacks: Generation, Detection, Datasets, Challenges, and Research Directions. *Computers*, 2023. Vol. 12. No. 10. pp. 216. <https://doi.org/10.3390/computers12100216>.

8. Babalola A., Manu P., Cheung C., Yunusa-Kaltungo A., Bartolo P. Applications of immersive technologies for occupational safety and health training and education: A systematic review. *Safety Science*, 2023. Vol. 166. Art. no. 106214. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106214>.

9. Bukar U. A., Sayeed M. S., Razak S. F. A., Yogarayan S., Amodu O. A., Mahmood R. A. R. A method for analyzing text using VOSviewer. *MethodsX*, 2023. vol. 11, No. 102339. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102339>.

10. Cadet M. J. Application of game-based online learning platform: Kahoot a formative evaluation tool to assess learning. *Teaching and Learning in Nursing*, 2023. Vol. 18, Is. 3. Pp. 419-422. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2023.03.009>.

11. Carlson C.G. Virtual and Augmented Simulations in Mental Health. *Current Psychiatry Reports*, 2023. Vol. 25 (9). Pp. 365-371, <https://doi.org/10.1007/s11920-023-01438-4>.

12. Chen Y., Huang Y., Zhang Z., Wang Z., Liu B., Liu C., Huang C., Dong S., Pu X., Wan F., Qiao X., Qian W. Plant image recognition with deep learning: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2023. Vol. 212. Art. no. 108072. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108072>.

13. Chen Y., Lu Y., Bulysheva L., Kataev M. Yu. Applications of Blockchain in Industry 4.0: a Review. *Information systems frontiers*, 2022. <http://doi.org/10.1007/s10796-022-10248-7>.

14. Dong W., Zhou M., Zhou M., Jiang B., Lu J. An overview of applications and trends in the use of extended reality for teaching effectiveness: an umbrella review based on 20 meta-analysis studies. *Electronic Library*, 2023. Vol. 41 (5). Pp. 557-577, <https://doi.org/10.1108/EL-11-2022-0257>.

15. Drushlyak M., Sabadosh Yu., Mulesa P., Diemientiev E., Yurchenko A. and Semenikhina O. QR code as a modern educational tool for implementing the BYOD approach. *2023 45th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2023 – Proceedings*, 2023. P. 584-589. <https://doi.org/10.23919/MIPRO57284.2023.10159739>.

16. Drushlyak M.G., Semenikhina O.V., Kondratiuk S.M., Kryvosheya T.M., Vertel A.V., Pavlushchenko N. M. The Automated Control of Students Achievements by Using Paper Clicker Plickers. *MIPRO 2020 : Proceedings of 43 International convention on information and communication technology, electronics and microelectronics*, 28 september – 2 october 2020, Opatija (Croatia), 2020, pp. 688-692.

17. Fernandez A., Gomez B., Binjaku K., Meçe E. K. Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal

literature review. *Education and information technologies*, 2023. Vol. 28. Pp. 12351–12382. <http://doi.org/10.1007/s10639-022-11544-0>.

18. Fernandez-Carames T.M., Fraga-Lamas P. Towards Next Generation Teaching, Learning, and Context-Aware Applications for Higher Education: A Review on Blockchain, IoT, Fog and Edge Computing Enabled Smart Campuses and Universities. *Applied sciences-Basel*, 2019. Vol. 9(21). P. 4479. <http://doi.org/10.3390/app9214479>.

19. Grassini S. Shaping the Future of Education: Exploring the Potential and Consequences of AI and ChatGPT in Educational Settings. *Education Sciences*, 2023. Vol. 13(7). P. 692. <http://doi.org/10.3390/educsci13070692>.

20. Hassan R.H., Hassan M. T., Naseer S., Khan Z., Jeon M. ICT Enabled TVET Education: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 2021. Vol. 9. Pp. 81624-81650. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085910>.

21. Hernandez-de-Menendez M., Diaz C.E.A., Morales-Menendez R. Engineering education for smart 4.0 technology: a review. *International Journal of interactive design and manufacturing*, 2020. Vol. 14(3). Pp. 789-803. <http://doi.org/10.1007/s12008-020-00672-x>.

22. Herrada R.I., Banos R., Alcayde A. Student Response Systems: A Multidisciplinary Analysis Using Visual Analytics. *Education Sciences*, 2020. Vol. 10(12). 348. <http://doi.org/10.3390/educsci10120348>.

23. Heyn L.G., Brembo E.A., Byeremoen K.R., Cruaud C., Eide H., Flo J., Nordsteien A., Overgaard G., Egilsdottir H.Ö. Exploring facilitation in virtual simulation in nursing education: A scoping review. *PEC Innovation*, 2023. Vol. 3. Art. no. 100233. <https://doi.org/10.1016/j.pecinn.2023.100233>.

24. Liu Z.J., Levina V., Frolova Y. Information Visualization in the Educational Process: Current Trends. *International Journal of emerging technologies in learning*, 2020. Vol. 15(13). Pp. 49-62. <http://doi.org/10.3991/ijet.v15i13.14671>.

25. Mallik S., Gangopadhyay A. Proactive and reactive engagement of artificial intelligence methods for education: a review. *Frontiers in artificial intelligence*, 2023. No 6. 1151391. <http://doi.org/10.3389/frai.2023.1151391>.

26. Mallon Sh., Richards Ch., Rixon A. Student and teacher experiences of online synchronous learning. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 2023. No 5. Pp. 1688-1705. <https://doi.org/10.1108/JARHE-01-2022-0011>.

27. Mhlongo S., Mbatha K., Ramatsetse B., Dlamini R. Challenges, opportunities, and prospects of adopting and using smart digital technologies in learning environments: An iterative review. *Heliyon*, 2023. vol. 9(6), No. e16348. <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16348>.

28. Millidonis T., Lois P., Georgiou I., Tsoukatos E. How teachers are affected by institutional actions aiming to enhance e-learning effectiveness in

higher education. *International Journal of Educational Management*, 2022. Vol. 37. No. 6/7. pp. 1142-1161. <https://doi.org/10.1108/IJEM-09-2022-0371>.

29. Mukul E., Buyukozkan G. Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological forecasting and social change*, 2023. Vol. 194. No. 122664. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122664>.

30. Ouyang F., Dinh T., Xu W. A Systematic Review of AI-Driven Educational Assessment in STEM Education. *Journal for STEM Education Research*, 2023. Vol. 6. Pp. 1-19. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00112-x>.

31. Rahman M. M., Khatun F., Sami S. I., Uzzaman A. The evolving roles and impacts of 5G enabled technologies in healthcare: The world epidemic COVID-19 issues. *Array (New York, N.Y.)*, 2022. vol. 14. Art. no 100178. <https://doi.org/10.1016/j.array.2022.100178>.

32. Rani S. Amalgamation of Advanced Technologies for Sustainable Development of Smart City Environment: A Review. *IEEE Access*, 2021. Vol. 9. Pp. 150060-150087. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3125527>.

33. Roy S., Pal D., Meena T. Explainable artificial intelligence to increase transparency for revolutionizing healthcare ecosystem and the road ahead. *Netw Model Anal Health Inform Bioinforma*, 2024. Vol. 13. No. 4. <https://doi.org/10.1007/s13721-023-00437-y>.

34. Rudenko Yu., Naboka O., Korolova L., Kozhukhova Kh., Kazakevych O., Semenikhina O. Online Learning with the Eyes of Teachers and Students in Educational Institutions of Ukraine. *TEM Journal*, 2021. Vol. 10, Is. 2. Pp. 922-931. <http://doi.org/10.18421/TEM102-55>.

35. Scalera M., Gentile E., Plantamura P., Dimauro G. A Systematic Mapping Study in Cloud for Educational Innovation. *Applied sciences-Basel*, 2020. Vol. 10(13). Pp. 4531. <http://doi.org/10.3390/app10134531>.

36. Semenikhina E., Drushlyak M., Bondarenko Yu., Kondratiuk S., Dehtiarova N. Cloud-based service GeoGebra and its use in the educational process: the BYOD-approach. *TEM JOURNAL – Technology, Education, Management, Informatics*, 2019. Vol.8. No 1. Pp. 65-72. <http://doi.org/10.18421/TEM81-08>.

37. Semenikhina O., Drushlyak M., Yurchenko A., Udovychenko O., Budyanskiy D. The use of virtual physics laboratories in professional training: The analysis of the academic achievements dynamics. *16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI 2020)*, 2020. No 2740, pp. 423-429.

38. Semenikhina O., Kudrina O., Koriakin O., Ponomarenko L., Korinna H., Krasilov A. The Formation of Skills to Visualize by the Tools of Computer

Visualization. *TEM Journal*, 2020. Vol. 9(4). Pp. 1704-1710. <http://doi.org/10.18421/TEM94-51>.

39. Semenikhina O., Proshkin V., Drushlyak M. Mathematical knowledge control automation within dynamic mathematics programs. E-learning and STEM Education : Monograph / Scientific Editor Eugenia Smyrnova-Trybulska. Katowice-Cieszyn, 2019. P.224-240.

40. Sharadgah T.A., Sa'di R.A. A systematic review of research on the use of artificial intelligence in English language teaching and learning (2015-2021): what are the current effects? *Journal of information technology education-research*, 2022. Vol. 21. Pp. 337-377. <http://doi.org/10.28945/4999>.

41. Sharma G., Chamikara M.A.P., Chhetri M.B., Chen Y.-P.P. SoK: Systematizing Attack Studies in Federated Learning – From Sparseness to Completeness. *Proceedings of the ACM Conference on Computer and Communications Security*, 2023. pp. 579-592. <https://doi.org/10.1145/3579856.3590328>.

42. Smestad B., Hatlevik O., Johannesen M., Øgrim L. Examining dimensions of teachers' digital competence: A systematic review pre- and during COVID-19. *Heliyon*, 2023. Vol. 9(6), No. e16677. <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16677>.

43. Su J.H., Yang W.P. Digital competence in early childhood education: A systematic review. *Education and information technologies*, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11972-6>.

44. Tamayo J.L.R., Hernandez M.B., Gomez H.G. Digital Data Visualization with Interactive and Virtual Reality Tools. Review of Current State of the Art and Proposal of a Model. *Revista icono 14-revista cientifica de comunicacion y tecnologias*, 2018. Vol. 16(2). Pp. 40-65. <http://doi.org/10.7195/ri14.v16i2.1174>.

45. Technology in education: a tool on whose terms? *Global education monitoring report*, UNESCO, 2023 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>.

46. Thavi R., Jhaveri R., Narwane V., Gardas B., Navimipour N. J. Role of cloud computing technology in the education sector. *Journal of engineering design and Technology*, 2021. <http://doi.org/10.1108/JEDT-08-2021-0417>.

47. Titov O., Bykanov A., Pitskhelauri D. Neurosurgical skills analysis by machine learning models: systematic review. *Neurosurg Rev*, 2023. Vol. 46. Pp. 121. <https://doi.org/10.1007/s10143-023-02028-x>.

48. Vaicondam Y., Sikandar H., Irum S., Khan N., Qureshi M. I. Research Landscape of Digital Learning Over the Past 20 Years: A Bibliometric and Visualisation Analysis. *International Journal of Online and biomedical*

engineering, 2022. Vol.18(8). Pp. 4-22. <http://doi.org/10.3991/ijoe.v18i08.31963>.

49. Vesic D., Lakovic D., Vesic S.L. Use of information technologies in higher education from the aspect of management. *International journal of cognitive research in science engineering and education*, 2023. Vol. 11(1). Pp. 143-151. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2023-11-1-143-151>.

50. Yang H., He Y., Bu X., Xu H., Guo W. Automatic Essay Evaluation Technologies in Chinese Writing – A Systematic Literature Review. *Applied Sciences* (Switzerland), 2023. Vol. 13(19). Art. no. 10737. <https://doi.org/10.3390/app131910737>.

51. Yurchenko A., Drushlyak M., Sapozhnykov S., Teplytska A., Koroliova L., Semenikhina O. Using online IT-industry courses in the computer sciences specialists' training. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 2021. Vol. 21(11). Pp. 97-104. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.11.13>.

52. Zwane S., Mudau P. Student Teachers' Experiences of Open Distance e-Learning Support in a Posthuman Era: A Learner Engagement Perspective. *JCSR*, 2023. vol. 5. no. 1. Pp. 13-33.

53. Дронь В. Формування дослідницьких компетентностей у здобувачів освіти під час комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів при дистанційному навчанні. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 35. № 3. С. 19-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-035-3-003>.

54. Паламарчук О.С. Використання хмарного сервісу onedrive в навчальному процесі ВНЗ. *Фізико-математична освіта*, 2016. Випуск 2(8). С. 87-92.

55. Постернак Н., Токменко І., Яніцька Л. Застосування гейміфікації під час проведення практичних занять дисципліни «Медична біохімія». *Освіта. Інноватика. Практика*, 2023. Том 11, № 6. С. 13-21. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i6-002>.

56. Семеніхіна О. В., Друшляк М. Г., Хворостіна Ю. В. Використання хмарного сервісу GeoGebra у навчанні майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2019, Том 73, № 5. С. 48-66. <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.2500>.

57. Турінов А.М., Галдіна О.М. Використання комп'ютерного моделювання при розв'язанні квантовомеханічних задач. *Фізико-математична освіта*, 2017. Випуск 3(13). С. 170-177.

58. Шамоля В.Г., Семеніхіна О.В., Друшляк М.Г. Використання середовища Proteus для візуального моделювання роботи базових елементів інформаційної системи. *Фізико-математична освіта*, 2019. Випуск 2(20). С. 160-165. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-020-2-025>.

59. Шишкіна М., Носенко Ю. Хмарні технології відкритої науки у процесі наскрізного навчання ІКТ в освіті. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 37. № 5. С. 69-74. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-037-5-010>.

60. Юрченко А. Цифрові фізичні лабораторії як актуальний засіб навчання майбутнього вчителя фізики. *Фізико-математична освіта*, 2015. № 1(4). С. 55-63.

Information about the authors:

Yurchenko Artem Oleksandrovych,

Candidate of Pedagogical Sciences,

Associate Professor at the Department of Computer Sciences
Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko
87, Romenska str., Sumy, 40002, Ukraine

Momot Roman Anatoliyovych,

Postgraduate Student at the Department of Computer Sciences
Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko
87, Romenska str., Sumy, 40002, Ukraine