

## ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЗНАНЬ ЗАСОБАМИ ВЕБТЕХНОЛОГІЙ У ФОРМУВАННІ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ

**Артем ЮРЧЕНКО**

Сумський державний педагогічний університет  
імені А.С. Макаренка, Україна  
a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua  
<https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

**Роман МОМОТ** ✉

Сумський державний педагогічний університет  
імені А.С. Макаренка, Україна  
roman.bo95@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-0861-1925>

**Марія ОСТРОГА**

Сумський державний педагогічний університет  
імені А.С. Макаренка, Україна  
mariia.ostroha@fizmatsspu.sumy.ua  
<https://orcid.org/0000-0003-0044-8801>

**Олена СЕМЕНІХІНА**

Сумський державний педагогічний університет  
імені А.С. Макаренка, Україна  
e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua  
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

## VISUALIZATION OF KNOWLEDGE BY WEB TECHNOLOGY IN THE FORMATION OF PRE-SERVICE COMPUTER SCIENCE TEACHERS' CRITICAL THINKING

**Artem YURCHENKO**

Sumy State Pedagogical University  
named after A.S. Makarenko, Ukraine  
a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua  
<https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

**Roman MOMOT** ✉

Sumy State Pedagogical University  
named after A.S. Makarenko, Ukraine  
roman.bo95@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-0861-1925>

**Mariia OSTROHA**

Sumy State Pedagogical University  
named after A.S. Makarenko, Ukraine  
mariia.ostroha@fizmatsspu.sumy.ua  
<https://orcid.org/0000-0003-0044-8801>

**Olena SEMENIKHINA**

Sumy State Pedagogical University  
named after A.S. Makarenko, Ukraine  
e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua  
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

### АНОТАЦІЯ

**Формулювання проблеми.** Підготовка майбутніх учителів інформатики вимагає не лише опанування мов програмування та цифрових сервісів, а й розвитку критичного мислення як здатності аналізувати інформацію, виявляти припущення, оцінювати альтернативи, будувати аргументацію та рефлексувати власні судження. Веборієнтовані засоби візуалізації знань (ментальні та концепт-карти, діаграми, інтерактивні дошки) створюють умови для зовнішньої репрезентації міркування здобувача освіти, однак на практиці часто використовуються як допоміжна наочність, а не як інструмент формування критичного мислення.

**Матеріали і методи.** Теоретичну основу становить аналіз праць з проблем критичного мислення, цифрової компетентності педагогів, візуалізації знань і використання вебтехнологій в освіті. Емпірична частина ґрунтується на порівняльному педагогічному експерименті з участю контрольних та експериментальних груп здобувачів освіти спеціальності «Середня освіта (Інформатика)», аналізі продуктів їх діяльності.

**Результати.** Побудовано узагальнену модель інтеграції веборієнтованих засобів візуалізації знань у процес підготовки майбутніх учителів інформатики. Встановлено, що послідовна реалізація моделі інтеграції вебінструментів забезпечує стійку позитивну динаміку всіх показників критичного мислення в експериментальній групі. Емпірично обґрунтовано сукупність педагогічних умов, за яких засоби візуалізації знань найбільш повно реалізують свій потенціал. Показано, що візуальні моделі перестають бути «ілюстрацією» й перетворюються на засіб аналізу, критичного перегляду та самокорекції міркувань.

### ABSTRACT

**Formulation of the Problem.** The preparation of pre-service informatics teachers requires not only mastering programming languages and digital services but also developing critical thinking, which involves the ability to analyze information, identify assumptions, evaluate alternatives, build arguments, and reflect on one's own judgments. Web-based knowledge visualization tools (mind maps, concept maps, diagrams, interactive whiteboards) create conditions for the external representation of learners' reasoning; however, in practice, they are often used merely as auxiliary visual aids rather than as instruments for fostering critical thinking.

**Materials and Methods.** The theoretical framework is based on the analysis of studies on critical thinking, teachers' digital competence, knowledge visualization, and the use of web technologies in education. The empirical part relies on a comparative pedagogical experiment involving control and experimental groups of learners majoring in Secondary Education (Informatics). This involves analyzing their learning products (web-based maps, diagrams, and course models).

**Results.** A generalized model for integrating web-based knowledge visualization tools into the preparation of pre-service informatics teachers was developed. It was established that the consistent implementation of the web-tool integration model ensures a steady, positive dynamic in all critical thinking indicators for the experimental group. A set of pedagogical conditions under which knowledge visualization tools fully realize their potential was empirically substantiated: integrated. It was shown that under these conditions, visual models cease to function as mere "illustrations" and become a means of analysis, critical revision, and self-correction of reasoning.

**Висновки.** Узагальнена модель інтеграції веборієнтованих засобів візуалізації знань у процес підготовки майбутніх учителів інформатики дає змогу цілеспрямовано розвивати критичне мислення через роботу з фахово релевантними об'єктами – алгоритмами, цифровими ресурсами, моделями освітніх ситуацій, проектами курсів. Виокремлені педагогічні умови можуть бути використані для удосконалення змісту й технологій навчання дисциплін, а також адаптовані до підготовки інших категорій фахівців, для яких візуалізація знань є центральним засобом осмислення складних систем і процесів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** критичне мислення; веборієнтована візуалізація; концепт-карти; ментальні карти; майбутні учителі інформатики; цифрові засоби; педагогічні умови; візуалізація знань; вища освіта; професійна підготовка вчителів.

**ДЛЯ ЦИТУВАННЯ:** Юрченко А., Момот Р., Острога М., Семеніхіна О. Візуалізація знань засобами вебтехнологій у формуванні критичного мислення майбутніх учителів інформатики. *Фізико-математична освіта*, 2025. Том 40. № 5. С. 80-88. <https://doi.org/10.31110/fmo2025.v40i5-11>.

**Conclusion.** The generalized model of integrating web-based knowledge visualization tools into the preparation of pre-service informatics teachers enables the purposeful development of critical thinking through work with professionally relevant objects, such as algorithms, digital resources, models of educational situations, and course projects. The identified pedagogical conditions can be used to improve the content and instructional design of courses related to methods of teaching informatics and educational technologies, and can be adapted for the preparation of other professional categories for whom knowledge visualization is a central means of understanding complex systems and processes.

**KEYWORDS:** critical thinking; web-based visualization; concept maps; mind maps; pre-service informatics teachers; digital tools; pedagogical conditions; knowledge visualization; higher education; teacher education.

**FOR CITATION:** Yurchenko, A., Momot, R., Ostroha, M., & Semenikhina, O. (2025). Visualization of knowledge by web technology in the formation of pre-service computer science teachers' critical thinking. *Physical and Mathematical Education*, 40(5), 80-88. <https://doi.org/10.31110/fmo2025.v40i5-11>.

## ВСТУП

**Постановка проблеми.** Сучасна парадигма професійної підготовки майбутніх учителів інформатики потребує переосмислення дидактичних підходів з огляду на зміну інформаційного середовища, специфіку цифрової культури та зростання вимог до аналітичного мислення педагога. Йдеться не лише про опанування мов програмування чи сервісів, а про здатність інтерпретувати й оцінювати інформацію, будувати та перевіряти аргументи, приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності. У науковій літературі критичне мислення трактується як усвідомлений, цілеспрямований тип мислення, що поєднує інтерпретацію, аналіз, оцінювання, пояснення та саморегуляцію суджень. У педагогічних дослідженнях його розвиток зазвичай описують через низку показників: уміння ставити запитання до інформації й виявляти приховані припущення, логічно структурувати міркування, оцінювати силу доказів, порівнювати альтернативні позиції, виявляти логічні помилки й суперечності, здійснювати рефлексію щодо власних висновків. Для майбутнього вчителя інформатики ці показники набувають прикладного характеру, оскільки пов'язані з аналізом алгоритмів, цифрових ресурсів, результатів навчальних досліджень та поведінки користувача в інформаційному середовищі.

Візуалізація знань посідає особливе місце серед засобів розвитку критичного мислення, оскільки забезпечує зовнішню репрезентацію складних структур знань і дає змогу «побачити» логіку міркування. Графічне подання інформації сприяє виявленню причинно-наслідкових зв'язків, ієрархії понять, протиріч і прогалів, полегшує порівняння альтернативних рішень та аналіз аргументів. Для критичного мислення важливим є не стільки факт побудови схеми чи карти, скільки процес послідовного уточнення структури, перегрупування елементів, перевірки зв'язків і осмислення того, які висновки випливають із візуальної моделі. Відповідно, показники розвитку критичного мислення можуть фіксуватися через якість побудованих структур (логічність, цілісність, узгодженість), а також через здатність здобувача освіти пояснити власну карту, захистити її від критики та удосконалити внаслідок рефлексії.

У цьому процесі вебтехнології постають не лише як технічний інструмент, а як середовище візуального мислення. До вебтехнологій, що підтримують візуалізацію знань, належать хмарні сервіси створення карт мислення й інтелект-карт, онлайн-платформи для побудови діаграм та логічних схем, інтерактивні дошки спільної роботи, конструктори інфографіки. Їх спільною рисою є можливість багаторівневої інтерактивної репрезентації інформації (додавання шарів, коментарів, посилань), спільне редагування в реальному часі, доступність з різних пристроїв і вбудованість у цифрову інфраструктуру закладу освіти. Для майбутніх учителів інформатики такі інструменти одночасно є засобом навчання, об'єктом вивчення й ресурсом для майбутньої професійної діяльності.

Попри високий потенціал вебтехнологій, у практиці підготовки майбутніх учителів інформатики все ще спостерігається недостатня узгодженість між цілями розвитку критичного мислення й реальними сценаріями використання інструментів візуалізації. Цифрові сервіси часто застосовуються епізодично, як зручний спосіб подати вже структурований викладачем матеріал, а не як інструмент проблематизації, пошуку альтернатив, побудови й перевірки власних гіпотез здобувачів освіти. Нерозробленість педагогічно обґрунтованих моделей інтеграції вебінструментів у курси педагогіки, методики навчання інформатики, освітнього проектування ускладнює цілеспрямоване формування таких показників критичного мислення, як аргументованість суджень, виявлення припущень, аналіз джерел та рефлексія. Це зумовлює потребу у спеціальному дослідженні, спрямованому на окреслення педагогічного потенціалу візуалізації, розроблення узагальненої моделі інтеграції вебінструментів у процес формування критичного мислення майбутніх учителів інформатики та визначення умов, за яких засоби візуалізації знань стають дієвим ресурсом розвитку аналітичних і рефлексивних умінь.

**Аналіз актуальних досліджень.** Проблематика розвитку критичного мислення у вищій освіті загалом і в підготовці вчителів зокрема посідає помітне місце в міжнародному науковому дискурсі. Узагальнене визначення критичного мислення, сформульоване експертною групою під керівництвом Р. Фасіоне, зводиться до цілеспрямованого саморегульованого судження, яке базується на інтерпретації, аналізі, оцінюванні та поясненні, доповнених самокорекцією міркувань (Facione, 1990). У подальших роботах автор уточнює структуру критичного мислення через набір

когнітивних умінь (аналіз, інтерпретація, оцінювання, пояснення, саморегуляція) і диспозицій (відкритість до нових доказів, схильність до обґрунтованого сумніву, відповідальність за власні судження) (Facione, 2013). Для підготовки вчителя інформатики це означає, що критичне мислення пов'язане не лише з логічністю міркувань, а й із здатністю оцінювати цифрові ресурси, прозорість алгоритмів, надійність джерел та етичні наслідки використання технологій.

Теоретичні засади використання візуалізації знань як засобу розвитку критичного мислення пов'язані насамперед із концептуальними картами та спорідненими графічними моделями. Класичні праці (Novak & Gowin, 1984) розглядають концепт-карти як інструмент організації й репрезентації знань у вигляді вузлів і зв'язків, що фіксують відношення між поняттями й забезпечують перехід від механічного засвоєння до осмисленого навчання. Подальші теоретичні огляди підкреслюють метакогнітивний характер таких схем: вони дають змогу здобувачеві освіти зробити явную власну «карту» предметної галузі, виявити прогалини, суперечності й хибні зв'язки, а викладачеві – діагностувати глибину розуміння й стратегії мислення (Ausubel, 2000).

Емпіричні дослідження у різних галузях знань демонструють зв'язок між побудовою концепт-карт і розвитком критичного мислення. У низці робіт, виконаних у медсестринській освіті, концептуальне картування застосовано як інструмент оцінювання й формування вмінь аналізувати клінічні ситуації, виявляти причинно-наслідкові зв'язки та аргументувати професійні рішення; результати засвідчили підвищення показників критичного мислення в експериментальних групах порівняно з контрольними (Senita, 2008). N. Dabbagh, аналізуючи комп'ютерні інструменти побудови концепт-карт (Inspiration, SemNet), показує, що їх використання переводить діяльність здобувачів освіти на рівень реорганізації знань, побудови гіпотез і перевірки аргументів, що безпосередньо пов'язано з критичним мисленням (Dabbagh, 2001). Дослідження, присвячені інтелект-картам, також фіксують зростання здатності здобувачів освіти встановлювати зв'язки між ідеями, бачити альтернативи та обґрунтовувати власну позицію, коли побудова карт супроводжується обговоренням і рефлексією (Thoreau, 2016).

Окрема лінія досліджень стосується саме цифрових та веборієнтованих інструментів візуалізації. Aşıksoy (2019) показала, що комп'ютерне концепт-картування у курсах фізики підвищує змістовну глибину навчання, сприяє інтеграції нових знань зі вже наявними й активізує осмислене опрацювання матеріалу. Сучасні метааналітичні огляди в STEM-освіті (Wang et al., 2025) засвідчують, що використання концепт-карт у цифровому форматі позитивно впливає на академічні досягнення та розвиток вищих рівнів мислення, зокрема аналізу й синтезу, а ефекти є статистично значущими для різних вікових груп і предметів. Дослідження цифрових інтелект-карт у підготовці фахівців медичної галузі показують, що хмарні сервіси підсилюють креативність, критичне мислення й клінічне судження, особливо коли завдання передбачають порівняння альтернативних рішень і колективне редагування карт (Ibrahim & HENDY, 2025).

Паралельно формується корпус робіт, присвячених інструментам візуалізації у середовищі систем управління навчанням та інших вебплатформах. Описані в літературі інтерактивні засоби візуалізації в LMS (дашборди активності, графі взаємодії, динамічні діаграми) свідчать про потенціал для підтримки аналітичної діяльності здобувачів освіти, оскільки дають змогу досліджувати освітні дані, бачити тенденції та виявляти проблемні ділянки у власній роботі (Kuosa et al., 2016). У працях, присвячених дизайну інструментів візуалізації для освіти наголошується, що ефективні вебзасоби мають поєднувати інтерактивність, можливість налаштування рівня деталізації, підтримку сценаріїв дослідницького запитування й кооперативної роботи – саме ці характеристики роблять їх корисними для розвитку критичного мислення (Fernandez et al., 2025).

Окрему групу становлять оглядові дослідження, які дають змогу оцінити ефекти концепт-карт як засобу розвитку критичного мислення у різних освітніх галузях. Метааналізи (Barta et al., 2022; Schroeder et al., 2018) засвідчують, що і побудова, і вивчення концепт-карт у середньому покращують навчальні результати, а також пов'язані з позитивною динамікою когнітивних умінь вищого рівня, включно з аналізом, синтезом і критичним оцінюванням інформації. Подібні висновки отримано в систематичному огляді та метааналізі (Yue et al., 2017), присвяченому розвитку критичного мислення майбутніх медичних працівників: використання концепт-карт у навчальних курсах послідовно асоціюється зі зростанням показників критичного мислення за стандартизованими тестами й авторськими шкалами.

Експериментальні й квазіекспериментальні дослідження конкретизують ці результати на матеріалі окремих дисциплін і форматів навчання. У галузі природничої та географічної освіти комп'ютерно підтримуване й колаборативне концепт-картування демонструє позитивний вплив на успішність та на здатність здобувачів освіти встановлювати зв'язки між поняттями й обґрунтовувати висновки (Chang et al., 2017). У медичній освіті доведено, що включення навчання концепт-картам до курсу сприяє зростанню як умінь будувати змістовні структури, так і показників критичного мислення (Bilik et al., 2020; Maryam et al., 2021). Стаття (Sañas et al., 2023) підкреслює, що саме інтерактивні цифрові інструменти концепт-картування створюють умови для поетапного уточнення й перегляду знань, що прямо пов'язано з формуванням критичного мислення. Додатковий акцент на поєднанні картування, співпраці та оцінювання, де концепт-карти розглядаються як структуротвірний елемент навчального середовища, орієнтованого на розвиток критичного мислення (Zandvakili et al., 2019). Сукупність цих результатів підтверджує, що концепт-картування, зокрема в цифровому та веб-орієнтованому форматі, може розглядатися як перспективний інструмент формування критичного мислення, однак потребує чіткого дидактичного проєктування.

Водночас у дослідженнях, зосереджених на професійній підготовці вчителів, акценти здебільшого зміщені на загальну цифрову компетентність або на використання окремих сервісів як засобів ілюстрації навчального матеріалу. Наявні праці не завжди розглядають візуалізацію на основі вебтехнологій (вебвізуалізацію) як цілеспрямований інструмент формування критичного мислення майбутніх учителів, а тим більше майбутніх учителів інформатики, для яких візуальні моделі алгоритмів, структур даних, архітектури програм є повсякденною професійною реальністю. У наявних роботах недостатньо описані педагогічні моделі, що поєднують: а) добір специфічних вебінструментів візуалізації знань; б) формулювання завдань, орієнтованих на виявлення припущень, аналіз доказів і порівняння альтернатив; в) організацію співпраці й рефлексії здобувачів освіти.

Отже, попри значну кількість досліджень, які підтверджують ефективність концепт- і інтелект-карт, а також цифрових засобів візуалізації для розвитку складних когнітивних умінь майбутніх фахівців, малодослідженим залишається питання розроблення узагальненої моделі інтеграції вебінструментів візуалізації у освітній процес підготовки майбутніх учителів інформатики саме з метою розвитку їх критичного мислення. Потребують уточнення також педагогічні умови, за яких такі засоби найбільшою мірою сприяють формуванню показників критичного мислення – від уміння структурувати інформацію й будувати обґрунтовані аргументи до здатності рефлексувати власні когнітивні стратегії. Саме заповненню цих прогалин присвячене подальше дослідження

## МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Метою** дослідження є теоретично обґрунтувати й розробити узагальнену модель інтеграції вебтехнологій візуалізації знань у процес формування критичного мислення майбутніх учителів інформатики, а також окреслити педагогічні умови, за яких такі засоби максимально сприяють розвитку аналітичних, оціночних і рефлексивних умінь здобувачів освіти.

Для досягнення поставленої мети застосовано комплекс **методів** наукового пізнання. На теоретичному рівні використано аналіз, синтез, порівняння та узагальнення наукових джерел, що стосуються проблематики критичного мислення, візуалізації знань, цифрових та вебтехнологій у підготовці вчителів. Окремо здійснено структурно-функціональний аналіз підходів до формування критичного мислення майбутніх учителів інформатики з метою виокремлення цілей, змістових ліній, типових завдань і засобів візуалізації, які вже застосовуються або можуть бути адаптовані до цифрового середовища. Це дозволило уточнити систему показників розвитку критичного мислення, релевантних саме для галузі інформатичної освіти (уміння виявляти припущення в алгоритмах, аналізувати структуру цифрових ресурсів, оцінювати прозорість і надійність даних тощо).

На рівні концептуального моделювання було побудовано узагальнену модель інтеграції вебінструментів візуалізації знань у процес формування критичного мислення.

Емпіричну складову дослідження характеризують узагальнені кейси впровадження вебзасобів візуалізації у дисциплінах, що забезпечують підготовку майбутніх учителів інформатики (методика навчання інформатики, освітні технології, проектування цифрового освітнього середовища), а також на аналізі продуктів діяльності здобувачів освіти. Використано методи педагогічного спостереження за роботою здобувачів освіти з такими сервісами, як Coggle, Miro, Lucidchart, аналіз і порівняння створених ними концепт- та інтелект-карт, схем алгоритмів і моделей навчальних ситуацій.

У межах емпіричної частини дослідження у 2024 році було організовано порівняльний педагогічний експеримент із залученням контрольної (21 здобувач) та експериментальної (18 здобувачів) академічних груп спеціальності «Середня освіта (Інформатика)». Контрольні групи працювали у традиційній організації освітнього процесу: веборієнтовані засоби візуалізації використовувалися епізодично, переважно для відтворення вже структурованого викладачем матеріалу, а інструкції мали переважно технічний характер. В експериментальних групах було цілеспрямовано впроваджено модель інтеграції вебінструментів як засобів візуалізації: здобувачі освіти отримували інтегровані (техніко-когнітивні) інструкції до роботи з візуальними сервісами, виконували завдання з відкритими формами відповіді, користувалися прозорими шаблонами оцінювання мап, брали участь в організованому обговоренні побудованих структур і вели рефлексивні записи щодо логіки власного міркування.

Показниками критичного мислення були операціоналізовані характеристики візуальних продуктів і супровідних рефлексивних суджень здобувачів освіти: 1) логічність і структурованість мап (наявність чіткої ієрархії понять, коректність причинно-наслідкових та частково-цілісних зв'язків, відсутність внутрішніх суперечностей); 2) повнота й релевантність відображення змісту (ступінь охоплення суттєвих елементів ситуації або задачі, уникнення несуттєвих чи випадкових деталей); 3) опрацювання альтернатив (кількість і якість гілок, що представляють різні варіанти рішень, позицій чи інтерпретацій, наявність переходів «якщо – то» між ними); 4) маркування припущень і проблемних зон (виокремлення вузлів, які ґрунтуються на неперевіренних гіпотезах, фіксація місць невизначеності або браку даних); 5) аргументованість і критичність міркувань (наявність у мапах та усних/письмових коментарях посилань на джерела, приклади, контраргументи, виявлення логічних помилок); 6) рефлексивність (здатність здобувача освіти у рефлексивних записах пояснити зміни у структурі мап, визнати помилки попередніх версій, окреслити власні когнітивні стратегії та їх обмеження). Саме за динамікою цих показників здійснювалося порівняння контрольних та експериментальних груп.

Виокремлення педагогічних умов здійснювалося шляхом поєднання порівняльного аналізу кейсів, контент-аналізу інструкцій до завдань і рефлексивних записів здобувачів освіти та якісного аналізу типових труднощів і успішних стратегій роботи з візуалізаційними інструментами. Повторювані патерни (ситуації, у яких спостерігалось суттєве посилення або, навпаки, ослаблення проявів критичного мислення) групувалися у змістові кластери, що дали підстави сформулювати окремі умови: вимоги до інтегрованих інструкцій, характеристику завдань з відкритими відповідями, параметри шаблонів оцінювання мап, особливості організації обговорення та рефлексії.

До обговорення проміжних результатів і перевірки доцільності виділених педагогічних умов залучалися викладачі (7 осіб), які мають досвід використання засобів візуалізації у роботі з майбутніми учителями інформатики. Їхні висновки дозволили скоригувати формулювання окремих компонентів моделі, уточнити вимоги до інструкцій для здобувачів освіти, до організації обговорення побудованих карт і до рефлексивних завдань. Отримані емпіричні дані інтерпретувалися в логіці порівняльного аналізу кейсів, зі співвіднесенням виявлених тенденцій із теоретично обґрунтованими показниками розвитку критичного мислення

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Узагальнена модель інтеграції вебтехнологій візуалізації знань у процес формування критичного мислення майбутніх учителів інформатики передбачає послідовну взаємодію кількох блоків: цільового, змістового, технологічного

та оцінювально-рефлексивного. У цільовому блоці конкретизовано, що вебвізуалізація має не лише підтримувати засвоєння теоретичних відомостей, а й цілеспрямовано розвивати вміння аналізувати інформацію, порівнювати альтернативні рішення, виявляти приховані припущення, будувати й перевіряти аргументи, усвідомлювати межі застосування певних підходів. Саме динаміка цих показників стала основою для інтерпретації результатів. Змістовий блок моделі поєднує теми з методики навчання інформатики, програмування, проектування цифрового освітнього середовища, у межах яких доцільно використовувати концепт- та інтелект-карти, логіко-семантичні схеми, діаграми потоків даних, схеми алгоритмів. Технологічний блок моделі відображає типові етапи роботи здобувача освіти з вебінструментами візуалізації. На етапі проблематизації викладач пропонує навчальну ситуацію (задачу, кейс, фрагмент коду, опис освітньої проблеми), яку неможливо коректно опрацювати без структурування інформації. Далі реалізується конструкторський етап: здобувачі освіти за допомогою обраного вебінструмента створюють первинну візуальну модель, фіксуючи основні поняття, взаємозв'язки, альтернативні гілки рішень. Наступний етап пов'язаний із критичним доопрацюванням карти через запитання викладача та однокласників, порівняння кількох варіантів візуальних рішень, виявлення суперечностей і прогалів. Завершальний оцінювально-рефлексивний етап передбачає самооцінювання побудованих структур за заданими критеріями, фіксацію змін у портфоліо та формулювання висновків щодо того, як трансформувалося розуміння проблеми.

Порівняння вебінструментів у реальних навчальних ситуаціях показало, що різні класи засобів виконують різні дидактичні функції і по-різному впливають на окремі показники критичного мислення. Робота з лінійними ментальними мапами (MindMap, XMind) насамперед позначилася на логічності й структурованості карт та повноті охоплення змісту. В експериментальних групах, де до завдань було додано когнітивні орієнтири, наприкінці курсу зросла кількість мап із чітко вираженою ієрархією понять і коректно побудованими причинно-наслідковими ланцюгами; натомість у контрольних групах переважали схеми, що повторюють структуру конспекту без виокремлення центральних і підтримувальних тез. Інструменти з розгалуженою структурою (Coggle, Lucidchart) найбільш помітно вплинули на показник опрацювання альтернатив: у роботах здобувачів освіти експериментальних груп збільшилася частка карт, де представлено два і більше варіантів вирішення задачі або кілька можливих траєкторій навчального проекту, тоді як у контрольних групах карти залишалися переважно однолінійними. Інтерактивні дошки (Miro, Jamboard), що використовувалися у груповій роботі, сприяли зростанню показників аргументованості й рефлексивності, оскільки вимагали обґрунтувати зміни у структурі карти перед однокласниками та фіксувати власну позицію.

Аналіз кейсів запровадження моделі дав змогу конкретизувати вплив кожної педагогічної умови на динаміку показників критичного мислення. Перша умова, пов'язана з наявністю інтегрованих інструкцій до роботи з візуальними інструментами, проявила себе насамперед у зростанні показників маркування припущень і проблемних зон, а також аргументованості міркувань. У модулі «Алгоритмічні структури» карти контрольних груп, де інструкції були переважно технічними, містили мінімум вузлів, позначених як гіпотези чи спірні місця; здобувачі освіти інколи використовували спеціальні позначення для невизначеності, майже не відділяли факт від припущення. У експериментальних групах, де інструкції містили прямі вказівки на необхідність фіксувати припущення, позначати суперечливі зв'язки, додавати аргументи «за» і «проти», до кінця циклу занять суттєво зросла частка карт, у яких виділено проблемні вузли, наведено контраргументи, а зв'язки супроводжено короткими пояснювальними підписами. Це свідчить, що інструкція з когнітивними орієнтирами прямо підтримує показники критичності й усвідомленого ставлення до власних суджень.

Друга умова, що стосується формулювання завдань із відкритими формами відповіді, забезпечила позитивну динаміку насамперед для показників опрацювання альтернатив і повноти відображення змісту. У кейсі проектування цифрового курсу в контрольних групах завдання на кшталт «відтворити карту етапів за зразком» призвели до однотипних структур, де основну увагу приділяли послідовності кроків, а гілки, що відображають ризики, обмеження чи варіанти адаптації, практично не з'являлися. Після введення у експериментальних групах запитань відкритого типу («які додаткові ризики можливі», «які альтернативи можна запропонувати для різних груп користувачів», «як зміниться структура курсу за нестачі ресурсів») карти стали значно розгалуженішими. Зросла кількість вузлів, що описують умови застосування рішень, з'явилися гілки, присвячені порівнянню варіантів і поясненню наслідків вибору. Таким чином, завдання з відкритою відповіддю сприяли переходу від репродуктивної візуалізації до дослідницької роботи з альтернативами.

Третя умова – створення прозорих шаблонів оцінювання структур мап – була пов'язана з покращенням показників логічності та структурованості карт, а також аргументованості міркувань. До запровадження рубрик у курсі «Цифрове освітнє середовище закладу освіти» здобувачі освіти здебільшого орієнтувалися на зовнішній вигляд мапи; у рефлексивних записах переважали згадки про «зручність сервісу» чи «надлишок елементів», а не про змістові прогалини. Після введення шаблонів, де окремими шкалами оцінювалися повнота охоплення суттєвих аспектів, логічність зв'язків, наявність альтернатив і контраргументів, здобувачі освіти почали систематично перевіряти власні карти на відповідність цим критеріям. У фінальних роботах експериментальних груп зменшилася кількість «завислих» вузлів без зв'язків, посилилася структурна впорядкованість, а в рефлексіях з'явилися посилання на конкретні критерії («бракує аргументів проти», «не всі стейкхолдери враховані в структурі»). Це дає підстави стверджувати, що шаблони оцінювання підвищують усвідомленість щодо якості логічної структури та аргументації.

Четверта умова – організація обговорення побудованих карт між здобувачами освіти – забезпечила зрушення у показниках аргументованості та рефлексивності, а також сприяла глибшому опрацюванню альтернатив. У кейсі групового аналізу проекту «Впровадження шкільної платформи для вивчення програмування» у контрольному варіанті індивідуально створені мапи залишалися без публічної презентації; зміни від одного завдання до іншого мали переважно косметичний характер. Натомість у експериментальних групах, де карти демонструвалися на спільній дошці, обговорювалися в малих групах, а кожен учасник мав аргументувати свою структуру й реагувати на запитання однокласників, було зафіксовано інтенсивне оновлення моделей: додавання гілок, що відображають погляди різних стейкхолдерів, перегрупування етапів, уточнення критеріїв успіху. Рефлексивні записи показали, що здобувачі освіти

почали усвідомлювати вплив критичних запитань одногрупників на власне мислення, відзначали випадки, коли доводилося переглядати початковий план під впливом аргументів інших. Це свідчить, що обговорення виступає каталізатором як для аргументованості, так і для здатності до самокорекції.

П'ята умова – систематична рефлексія щодо логіки власного міркування – найбільш помітно вплинула на показник рефлексивності, а також опосередковано підтримала розвиток інших показників. У курсі «Методика навчання інформатики» цифрове портфоліо з проміжними версіями мап і короткими рефлексивними нотатками дало змогу простежити еволюцію мислення окремих здобувачів освіти. У групах без обов'язкової рефлексії карти змінювалися, але здебільшого без явного усвідомлення причин таких змін: здобувачі освіти інколи пов'язували правки у структурі з новими аргументами чи виявленими суперечностями. Натомість у експериментальних групах у записах регулярно з'являлися міркування на кшталт: «прибрала цю гілку, бо не могла підкріпити її прикладами», «позначив вузол як припущення, оскільки немає достатніх даних», «додав альтернативу, про яку раніше не думав». Така динаміка свідчить про формування установки на перевірку власних висновків і готовність переглядати структуру міркування, що є суттю рефлексивного виміру критичного мислення.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє стверджувати, що саме в експериментальних групах спостерігалася стійка позитивна динаміка за всіма визначеними показниками критичного мислення, тоді як у контрольних групах зміни мали фрагментарний характер і здебільшого стосувалися лише зовнішньої організації мап. Отже, запропонована модель інтеграції вебінструментів у поєднанні з виокремленими педагогічними умовами переводить візуалізацію знань із рівня технічного засобу подання інформації на рівень дієвого механізму формування логічності, повноти, критичності та рефлексивності мислення майбутніх учителів інформатики.

## ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати загалом узгоджуються з уявленням про критичне мислення як про цілеспрямоване саморегульоване судження, що поєднує інтерпретацію, аналіз, оцінювання, інференцію та пояснення, доповнені самокорекцією міркувань (Facione, 1990). Виокремлені й операціоналізовані в дослідженні показники – логічність і структурованість візуальних моделей, повнота й релевантність відображення змісту, опрацювання альтернатив, маркування припущень і проблемних зон, аргументованість та рефлексивність – виявилися чутливими до змін в організації роботи з веборієнтованими засобами візуалізації. Позитивна динаміка цих показників у експериментальних групах свідчить, що запропонована модель інтеграції вебінструментів справді «вбудовує» в освітній процес ті компоненти критичного мислення, які в теоретичних роботах описуються переважно на абстрактному рівні.

Результати підтверджують висновки досліджень, у яких концепт-карти й споріднені графічні схеми трактуються як інструменти зовнішньої репрезентації знань, що сприяють переходу від механічного відтворення інформації до осмисленого навчання (Novak & Gowin, 1984). У нашому випадку це проявилось в тому, що в експериментальних групах здобувачі освіти поступово переходили від «карти-конспекту», яка лише повторює структуру лекційного матеріалу, до карт, що містять альтернативні гілки рішень, явне маркування припущень, позначення проблемних вузлів і логічних розгалужень. Така еволюція візуальних продуктів збігається з уявленням про концепт-карти як метакогнітивний інструмент, який дозволяє зробити явними власні когнітивні процеси і створює умови для їх рефлексивного перегляду.

Водночас отримані дані уточнюють зроблені раніше висновки щодо ролі цифрових інструментів візуалізації. У роботах, присвячених застосуванню комп'ютерних засобів для побудови концепт-карт (Dabbagh, 2001; Aşıksoy, 2019 та ін.), підкреслюється, що перехід до цифрового формату посилює вплив завдяки інтерактивності, можливості швидкого редагування та співпраці. У проведеному нами дослідженні було показано, що сам по собі вебформат ще не гарантує розвитку критичного мислення: у контрольних групах, де ті самі сервіси використовувалися переважно для репродуктивних завдань, позитивні зрушення стосувалися здебільшого зовнішньої впорядкованості карт, а не глибини аргументації чи роботи з альтернативами. Це дає підстави стверджувати, що вирішальним чинником є не технологія як така, а спосіб її дидактичного вбудовування.

Виокремлені педагогічні умови дозволяють поглибити наявні у літературі уявлення про механізми дії засобів візуалізації. Більшість емпіричних робіт, у яких зафіксовано позитивний вплив концепт-карт на критичне мислення (насамперед, у медичній освіті та інших професійних галузях), зосереджуються на порівнянні «з/без карт», часто не деталізуючи параметри завдань, характер інструкцій, процедури обговорення й оцінювання. У нашому дослідженні було показано, що інтегровані інструкції змінюють спосіб використання інструмента: здобувачі освіти починають сприймати карту як «мову» опису аргументів, припущень і суперечностей, а не як декоративну схему. Завдання з відкритими формами відповіді виявилися критично важливими для активації пошуку альтернатив, а прозорі шаблони оцінювання – для зміщення фокуса уваги з «красивості» карти на логічну виваженість і обґрунтованість.

Особливого значення набуває результат, пов'язаний із організацією обговорення побудованих карт і систематичною рефлексією. Погляди на критичне мислення як на соціально опосередковане явище, що формується в діалозі й взаємній аргументації, є усталеними для підходів, які орієнтуються на соціальний конструктивізм. У проведеному дослідженні візуалізація знань у поєднанні з груповим обговоренням дозволила конкретизувати, як саме відбувається цей перехід від індивідуального судження до спільної реконструкції міркування: критичні запитання одногрупників у буквальному сенсі вписувалися в карту через додавання нових гілок, об'єднання вузлів, зміну статусу певних елементів із «фактів» на «припущення». Рефлексивні записи в цифровому портфоліо демонстрували, що здобувачі освіти починають відстежувати власні когнітивні патерни (схильність до лінійних структур, уникання альтернатив, ігнорування суперечностей) і цілеспрямовано їх коригувати, що відповідає ідеї саморегуляції як важливої складової критичного мислення.

Варто підкреслити й специфіку отриманих результатів саме для підготовки майбутніх учителів інформатики. На відміну від багатьох досліджень, де концепт-карти використовуються переважно для візуалізації фактологічного

матеріалу, у нашому випадку об'єктами візуалізації були алгоритми, структури цифрових ресурсів, моделі освітніх ситуацій, проєкти цифрових курсів. Це зближує візуальну діяльність здобувачів освіти з типовими професійними завданнями вчителя інформатики, який має вміти структурувати код, архітектуру програмних рішень, логіку цифрових сервісів. Позитивна динаміка показників критичного мислення за такими завданнями свідчить, що веборієнтовані засоби візуалізації можуть розглядатися не лише як загальнодидактичний інструмент, а й як елемент фахової підготовки, який безпосередньо готує здобувача освіти до майбутньої професійної діяльності.

Інтерпретація отриманих результатів у ширшому педагогічному дискурсі дозволяє виявити кілька ключових стратегічних положень щодо впровадження вебтехнологій візуалізації у процес формування критичного мислення в майбутніх учителів інформатики. Передусім, ідеться про необхідність зміщення фокусу у використанні візуальних інструментів від репродуктивного відображення навчального матеріалу до його активного переосмислення, аргументації та порівняння альтернативних варіантів. Тоді вебкарти мислення, логічні схеми й інтерактивні дошки не лише доповнюють текстову чи аудіовізуальну подачу, а виступають середовищем реального конструювання знань.

Аналіз використаних сервісів (Coggle, Miro, Lucidchart тощо) демонструє, що більшість з них орієнтовані на інтуїтивне опанування, а отже можуть бути легко адаптовані до середовища підготовки вчителів. Проте ефективність їх застосування залежить від наявності методичного супроводу, зокрема сценаріїв інтеграції в курси, типових шаблонів візуальних структур, системи оцінювання аргументативної логіки map. Як засвідчено в дослідженнях A. Rozumenko et al. (2024) та M. Drushlyak et al. (2025), застосування візуалізацій стимулює розвиток дослідницьких, аналітичних і комунікативних навичок, особливо в поєднанні з цифровими симуляціями або інтерактивним груповим аналізом.

Візуалізація в процесі професійної підготовки стає інструментом зовнішньої когнітивної репрезентації її застосування дозволяє студенту побачити логіку власного мислення, визначити суперечності або логічні прогалини, розвинути рефлексію. Саме ці аспекти відповідають за формування критичного мислення як ключового компоненту педагогічної готовності до роботи в умовах інформаційного переважання, фрагментарності знань і багатоваріантності навчальних рішень. Застосування вебвізуалізації сприяє розвитку в майбутніх учителів навичок проєктування цифрового контенту що, у свою чергу, формує здатність створювати освітні ресурси з урахуванням логіки сприймання, аналітичного потенціалу учня й принципів навчального дизайну.

Окрему увагу слід приділити ролі цифрової культури викладача, що в умовах підготовки майбутніх педагогів є не лише прикладом, а й детермінантою успішної інтеграції технологій. Як зазначає С. Redecker (2017) у рамках DigCompEdu, критичне використання цифрових ресурсів, зокрема візуальних, є важливим елементом професійної цифрової компетентності. Викладач, який вміє моделювати мислення через карти й логічні схеми, фактично демонструє культурну норму інтелектуального поведіння з інформацією, яку студент засвоює як модель майбутньої професійної поведінки.

Важливим стратегічним висновком дослідження є те, що вебтехнології візуалізації доцільно інтегрувати не як окрему методику, а як наскрізний компонент навчального процесу, який супроводжує основні етапи від постановки проблеми до рефлексії та самооцінювання. В умовах підготовки вчителів інформатики це має особливе значення, адже студенти самі мають навчитися перетворювати інформаційні ресурси на структуровані знання, які здатні транслювати далі до учнів, колег, проєктних груп. Порівняння з результатами Bilik et al. (2020), Maryam et al. (2021), Chang et al. (2017), Saftas et al. (2023) і Zandvakili et al. (2019) дає змогу точніше окреслити вклад нашого дослідження. Якщо в названих роботах головна увага приділяється підтвердженню ефекту «наявності/відсутності» концепт-карт або порівнянню різних організаційних форм їх використання, то в нашому випадку акцент зміщено на опис сукупності умов, які роблять вебвізуалізацію знань дієвим механізмом формування критичного мислення. Інтегровані інструкції, відкриті завдання, рубрики оцінювання, обговорення карт та рефлексивні портфоліо дозволяють поєднати ті елементи «картування», «співпраці» та «оцінювання», на які вказує модель (Zandvakili et al., 2019), але вже у структурі спеціально розробленої моделі підготовки майбутніх учителів інформатики. Це розширює поле застосування результатів попередніх досліджень і демонструє, як узагальнені ефекти концепт-картування можуть бути реалізовані в конкретній професійно орієнтованій освітній програмі.

Додатково отримані результати логічно вписуються в ширший європейський дискурс щодо цифрової компетентності педагогів. У рамках DigCompEdu цифрова компетентність викладача трактується не лише як уміння користуватися інструментами, а як здатність педагогічно доцільно інтегрувати цифрові засоби для розвитку критичного мислення, інформаційної гігієни та відповідального використання ІКТ здобувачами освіти (Redecker, 2017). Показники, за якими у нашому дослідженні оцінювався розвиток критичного мислення (логіка, опрацювання альтернатив, маркування припущень, рефлексія), корелюють з компонентами педагогічної цифрової компетентності, пов'язаними з аналізом інформації та спрямованим використанням цифрових інструментів для підтримки мислення. Це добре узгоджується з результатами досліджень, де критичне мислення та інформаційна гігієна молоді розглядаються як вразлива зона, оскільки самооцінка власних умінь часто істотно розходиться з реальним рівнем володіння ними (Rudenko et al., 2025). У цьому сенсі розроблена нами модель інтеграції вебінструментів для візуалізації знань може розглядатися як конкретний механізм «перекладу» рамкових вимог DigCompEdu у щоденну практику підготовки майбутніх учителів інформатики.

Важливим є також зіставлення наших результатів із дослідженнями, у яких розвиток критичного мислення забезпечується через різні формати цифрової діяльності – симуляції, проєктування мобільних застосунків, використання засобів візуалізації. ChatGPT-орієнтовані симуляції, описані для підготовки майбутніх учителів математики, показують, що цілеспрямоване зіставлення відповідей ШІ з власними міркуваннями здобувачів освіти сприяє виявленню помилок, перевірки аргументів та формуванню звички не приймати цифровий результат «на віру» (Drushlyak et al., 2025). Дослідження, присвячені проєктуванню мобільних застосунків на основі ШІ й підготовці IT-фахівців до такої діяльності, показують, що інженерні й педагогічні завдання, пов'язані з дизайном і оцінюванням цифрових сервісів, природно вимагають від здобувачів освіти аналізу вимог, оцінки ризиків і переосмислення користувацьких сценаріїв, тобто апелюють до тих самих компонентів критичного мислення, які ми фіксували через візуальні моделі (Diementiev & Semenikhina, 2025; Дементьев, Шамо́ня, & Семеніхіна, 2025). Роботи, присвячені розвитку дослідницьких умінь засобами

візуалізації (Rozumenko et al., 2024) та інформаційно-цифрової культури вчителів через комп'ютерну візуалізацію (Юрченко, Момот, & Семеніхіна, 2024), підтверджують, що візуальні інструменти здатні поєднати аналіз даних, конструювання знання і рефлексію над власними рішеннями. Результати Seleviciene (2023), отримані в ESP-курсах із використанням веборієнтованих інтелект-карт, узгоджуються з нашими висновками: саме завдання дослідницького типу, групова робота з картами й чіткі критерії їх оцінювання забезпечують підвищення рівня критичного мислення. Наше дослідження розширює ці висновки на сферу підготовки майбутніх учителів інформатики, показуючи, що вебзасоби візуалізації можуть стати системним інструментом формування критичного мислення у фахово орієнтованих дисциплінах.

Отже, обговорення результатів у зіставленні з наявними теоретичними й емпіричними напрацюваннями дозволяє зробити кілька узагальнень. По-перше, вебтехнології візуалізації знань здатні підтримувати всі основні компоненти критичного мислення – від аналізу й оцінювання до саморефлексії – за умови, що їх використання спеціально спроектоване через інтегровані інструкції, відкриті завдання, рубрики оцінювання, обговорення та рефлексивне портфоліо. По-друге, новизна запропонованого підходу полягає в переході від питання «чи корисні концепт-карти для критичного мислення» до питання «які саме організаційні й методичні рішення роблять вебвізуалізацію дієвим механізмом формування критичного мислення майбутніх учителів інформатики». По-третє, результати відкривають можливості для подальших досліджень, пов'язаних із кількісною оцінкою ефектів кожної з умов окремо, а також із перенесенням розробленої моделі на інші групи здобувачів освіти та інші предметні галузі.

## ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дало змогу уточнити уявлення про критичне мислення майбутніх учителів інформатики та окреслити ті аспекти, які на практиці справді піддаються цілеспрямованому формуванню засобами веборієнтованої візуалізації знань. Критичне мислення здобувачів освіти було розглянуто як здатність логічно структурувати інформацію, виявляти й оцінювати припущення, опрацювати альтернативні рішення, будувати аргументацію та здійснювати рефлексію щодо власних міркувань. Операціоналізація цих характеристик через систему показників (структурованість і повнота візуальних моделей, робота з альтернативами, маркування проблемних зон, аргументованість і рефлексивність) дала можливість перейти від загальних декларацій до аналізу реальних змін у продуктах діяльності здобувачів освіти, майбутніх учителів інформатики. Особливо продуктивною така візуальна діяльність виявилася у сферах, безпосередньо пов'язаних із професійними завданнями вчителя інформатики: аналізом алгоритмів, структурою цифрових ресурсів, моделюванням освітніх ситуацій та проектуванням цифрових курсів.

Розроблена узагальнена модель інтеграції вебтехнологій візуалізації знань у процес формування критичного мислення майбутніх учителів інформатики продемонструвала свою ефективність у порівняльному педагогічному експерименті. Її реалізація забезпечила узгодженість між задекларованою метою розвитку критичного мислення, добром навчального змісту, характером завдань і способами аналізу продуктів діяльності здобувачів освіти. Порівняння контрольних та експериментальних груп показало стійку позитивну динаміку за всіма визначеними показниками критичного мислення в тих випадках, коли вебвізуалізація використовувалася не епізодично, а як наскрізний механізм опрацювання навчального матеріалу.

Емпірично обґрунтовано сукупність педагогічних умов, за яких засоби візуалізації знань найбільш повно реалізують свій потенціал у формуванні критичного мислення. До них належать інтегровані інструкції, що поєднують технічні дії з когнітивними орієнтирами; завдання з відкритими формами відповіді, які вимагають пошуку й порівняння альтернатив; прозорі шаблони оцінювання мап, що переводять увагу на логічність і аргументованість структури; організація обговорення побудованих карт між здобувачами освіти; систематична рефлексія, зафіксована в цифровому портфоліо. Саме комбінація цих умов забезпечила перехід від формального використання вебсервісів до їх функціонування як інструментів аналізу й самокорекції міркувань.

Отримані результати мають теоретичне й практичне значення. З теоретичного боку уточнено розуміння ролі веборієнтованої візуалізації у формуванні критичного мислення майбутніх учителів інформатики та запропоновано модель, яка може слугувати основою для подальших досліджень у галузі цифрової педагогіки. З практичного боку сформульовані підходи й умови можуть бути використані під час оновлення змісту й технологій дисциплін, пов'язаних із методикою навчання інформатики, освітніми технологіями, проектуванням цифрового освітнього середовища, а також при розробленні тренінгових програм з розвитку критичного мислення. Перспективним видається подальше вивчення впливу окремих компонентів моделі на різні групи здобувачів освіти, а також перенесення описаних рішень у підготовку фахівців інших спеціальностей, де візуалізація знань поєднується з потребою у високому рівні критичного мислення.

## КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори підтверджують відсутність фінансових, особистих чи інших інтересів, що можуть розглядатися як потенційний конфлікт інтересів щодо публікації цієї статті.

## ФІНАНСУВАННЯ

Робота виконана за відсутності фінансової підтримки з боку будь-яких організацій.

## ДОСТУПНІСТЬ ДАНИХ

Це теоретико-практичне дослідження не передбачає використання додаткових наборів даних.

## ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Інструменти штучного інтелекту (ChatGPT 5.1) використано для систематизації результатів наукових досліджень та мовному редагуванні анотації до роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Diemientiev, Y., & Semenikhina, O. (2025). Development of mobile applications based on artificial intelligence: Current experience and prospects. *Current Science Research Bulletin*, 2(06), 201–207. <https://doi.org/10.55677/csr/b/04-V02I06Y2025>
2. Drushlyak, M., Lukashova, T., Shamonina, V., & Semenikhina, O. (2025). ChatGPT-based simulation helps to develop the pre-service mathematics teachers' critical thinking. *International Journal of Instruction*, 18(1), 153–172. [https://www.e-iji.net/dosyalar/iji\\_2025\\_1\\_9.pdf](https://www.e-iji.net/dosyalar/iji_2025_1_9.pdf)
3. Fernandez, C., Freitas, J. A., Blikstein, P., & de Deus Lopes, R. (2025). The design space of visualization tools for data science education: Literature review and framework for future designs. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 43, 100698. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2024.100698>
4. Ibrahim, R. K., & Hendy, A. (2025). The role of digital mind maps in boosting creativity and critical thinking among nursing students: A quasi-experimental study. *Teaching and Learning in Nursing*. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2025.10.026>
5. Kuosa, K., Distante, D., Tervakari, A., Cerulo, L., Fernández, A., Koro, J., & Kailanto, M. (2016). Interactive Visualization Tools to Improve Learning and Teaching in Online Learning Environments. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, 14(1), 1–21. <https://doi.org/10.4018/IJDET.2016010101>
6. Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
7. Rozumenko, A., Rozumenko, A., Yurchenko, A., Khvorostina, Y., & Semenikhina, O. (2024). Students' research skills development by using visualization. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 16(6), 1–14. <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2024.06.01>
8. Rudenko, Y., Drushlyak, M., Naboka, O., Proshkin, V., & Semenikhina, O. (2025). Development of youth information hygiene skills: The gap between the self-assessment and real state. In E. Smyrnova-Trybulska, N.-S. Chen, P. Kommers, & N. Morze (Eds.), *E-learning and enhancing soft skills* (pp. 61–74). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-82243-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-82243-8_5)
9. Seleviciene, E. (2023). Enhancing students' critical thinking through web-based mind mapping in ESP classes. *Journal of Language and Education*, 9(4), 128–138. <https://doi.org/10.17323/jle.2023.128>
10. Senita, J. (2008). The use of concept maps to evaluate critical thinking in the clinical setting. *Teaching and Learning in Nursing*, 3(1), 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2007.08.002>
11. Thoreau, H. D. (2016). The Mind Map as a Tool for Critical Thinking. *The Toolbox*, 14(5), 1-6. URL: [https://sc.edu/nrc/system/pub\\_files/MindMapasaToolforCriticalThinking.pdf](https://sc.edu/nrc/system/pub_files/MindMapasaToolforCriticalThinking.pdf)
12. Дем'янтиєв, Є., Шамо́ніна, В., & Семеніхі́на, О. (2025). Підготовка ІТ-фахівців до створення мобільних додатків: огляд актуальних досліджень. *Освіта. Інноватика. Практика*, 13(1), 7–14. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i1-001>
13. Юрченко, А., Момот, Р., & Семеніхі́на, О. (2024). Про розвиток інформаційно-цифрової культури вчителів з використанням комп'ютерної візуалізації. *Освіта. Інноватика. Практика*, 12(6), 93–99. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i6-014>

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Diemientiev, Y., & Semenikhina, O. (2025). Development of mobile applications based on artificial intelligence: Current experience and prospects. *Current Science Research Bulletin*, 2(06), 201–207. <https://doi.org/10.55677/csr/b/04-V02I06Y2025>
2. Drushlyak, M., Lukashova, T., Shamonina, V., & Semenikhina, O. (2025). ChatGPT-based simulation helps to develop the pre-service mathematics teachers' critical thinking. *International Journal of Instruction*, 18(1), 153–172. [https://www.e-iji.net/dosyalar/iji\\_2025\\_1\\_9.pdf](https://www.e-iji.net/dosyalar/iji_2025_1_9.pdf)
3. Fernandez, C., Freitas, J. A., Blikstein, P., & de Deus Lopes, R. (2025). The design space of visualization tools for data science education: Literature review and framework for future designs. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 43, 100698. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2024.100698>
4. Ibrahim, R. K., & Hendy, A. (2025). The role of digital mind maps in boosting creativity and critical thinking among nursing students: A quasi-experimental study. *Teaching and Learning in Nursing*. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2025.10.026>
5. Kuosa, K., Distante, D., Tervakari, A., Cerulo, L., Fernández, A., Koro, J., & Kailanto, M. (2016). Interactive Visualization Tools to Improve Learning and Teaching in Online Learning Environments. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, 14(1), 1–21. <https://doi.org/10.4018/IJDET.2016010101>
6. Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
7. Rozumenko, A., Rozumenko, A., Yurchenko, A., Khvorostina, Y., & Semenikhina, O. (2024). Students' research skills development by using visualization. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 16(6), 1–14. <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2024.06.01>
8. Rudenko, Y., Drushlyak, M., Naboka, O., Proshkin, V., & Semenikhina, O. (2025). Development of youth information hygiene skills: The gap between the self-assessment and real state. In E. Smyrnova-Trybulska, N.-S. Chen, P. Kommers, & N. Morze (Eds.), *E-learning and enhancing soft skills* (pp. 61–74). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-82243-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-82243-8_5)
9. Seleviciene, E. (2023). Enhancing students' critical thinking through web-based mind mapping in ESP classes. *Journal of Language and Education*, 9(4), 128–138. <https://doi.org/10.17323/jle.2023.128>
10. Senita, J. (2008). The use of concept maps to evaluate critical thinking in the clinical setting. *Teaching and Learning in Nursing*, 3(1), 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2007.08.002>
11. Thoreau, H. D. (2016). The Mind Map as a Tool for Critical Thinking. *The Toolbox*, 14(5), 1-6. URL: [https://sc.edu/nrc/system/pub\\_files/MindMapasaToolforCriticalThinking.pdf](https://sc.edu/nrc/system/pub_files/MindMapasaToolforCriticalThinking.pdf)
12. Diemientiev, Y., Shamonina, V., & Semenikhina, O. (2025). Preparing IT specialists for mobile application creating: a review of current research. *Education. Innovation. Practice*, 13(1), 7–14. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i1-001>
13. Yurchenko, A., Momot, P., & Semenikhina, O. (2024). On the development of teachers' information and digital culture using computer visualization. *Education. Innovation. Practice*, 12(6), 93–99. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i6-014>

| Матеріал надійшов до редакції: 18.07.2025 р. | Прийнято до друку: 25.09.2025 р. | Опубліковано: 28.11.2025 р. |



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.