

УДК 004.5:002:001.8

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ЕЛЕКТРОННИХ НАУКОВИХ ВИДАНЬ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КОМУНІКАЦІЇ

М. М. Гавенко

*Інститут поліграфії та медійних технологій
НУ «Львівська Політехніка»
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Стаття присвячена комплексному дослідженню науково-методичних засад проєктування та вдосконалення інтерактивних електронних наукових видань як інноваційного інструменту оптимізації процесів наукової комунікації та засвоєння знань. Проаналізовано еволюційний шлях наукового публікування від традиційних друкованих форматів до сучасних мультимедійних інтерактивних платформ, виявлено ключові тенденції цифрової трансформації академічного середовища. Систематизовано когнітивні аспекти сприйняття інтерактивного наукового контенту та принципи інформаційної архітектури складних даних. Розроблено методологічні підходи до впровадження технологій штучного інтелекту, семантичних технологій та блокчейну для підвищення ефективності наукової комунікації. Обґрунтовано необхідність створення адаптивних систем персоналізації контенту та розглянуто виклики довгострокового зберігання цифрових наукових ресурсів. Результати дослідження формують концептуальну основу для подальшого розвитку інтерактивних наукових видань.

Ключові слова: *інтерактивні наукові видання, цифрова наукова комунікація, когнітивна психологія, семантичні технології, штучний інтелект, інформаційна архітектура, блокчейн.*

Постановка проблеми. Сучасна наукова діяльність характеризується експоненційним зростанням обсягів інформації, міждисциплінарністю досліджень та необхідністю швидкого обміну знаннями в глобальному масштабі. Традиційні форми наукової комунікації, засновані на лінійному текстовому форматі друкованих видань, не повною мірою відповідають викликам цифрової епохи. Статичність традиційних наукових публікацій обмежує можливості представлення складних даних, взаємодії з контентом та адаптації до індивідуальних потреб користувачів.

Проблема ефективності наукової комунікації набуває особливої актуальності в контексті необхідності прискорення процесів засвоєння знань, покращення міждисциплінарної взаємодії та забезпечення доступності наукової інформації для широкого кола користувачів. Існуючі електронні наукові видання здебільшого являють собою цифрові копії друкованих версій, не використовуючи повною мірою потенціал інтерактивних технологій.

Отже, актуальною науковою проблемою є розробка науково-методичних засад проєктування та вдосконалення інтерактивних електронних наукових видань, які б оптимізували процеси комунікації та засвоєння знань за рахунок впровадження сучасних інформаційних технологій та врахування когнітивних особливостей сприйняття наукової інформації. [1-4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання цифрової трансформації наукової комунікації досліджували зарубіжні та вітчизняні вчені. Фундаментальні роботи Nielsen J. [5] та Grewal D. N. та інші [6] заклали основи теорії юзабіліті та користувацького досвіду в контексті цифрових наукових ресурсів. Дослідження Hearst M. [7] та Midway S. [8] розкрили принципи інформаційної візуалізації для наукових даних.

Когнітивні аспекти сприйняття інтерактивного контенту вивчали Heersmink R. [9], Baddeley A. [10] та Kahneman D. [11]. Їхні роботи демонструють вплив мультимедійності та інтерактивності на процеси пам'яті та розуміння складної інформації.

Технологічні аспекти створення інтерактивних видань досліджували Berners-Lee T. з колегами [12] у контексті семантичного вебу, а також Subramanya S. R. та Yi B. K. [13] щодо застосування блокчейн-технологій для захисту інтелектуальної власності.

Серед вітчизняних дослідників варто відзначити роботи Женченко М. В. [14], присвячені проблемам цифровізації видавничої справи, та Гурковського В. [15], які досліджували методологічні аспекти створення електронних наукових ресурсів.

Попри значний доробок, комплексне дослідження науково-методичних засад проєктування інтерактивних наукових видань з урахуванням когнітивних, технологічних та інформаційних аспектів залишається недостатньо вивченим.

Мета статті. Метою статті є систематизація та наукове обґрунтування підходів до проєктування і вдосконалення інтерактивних електронних наукових видань, спрямованих на оптимізацію механізмів наукової комунікації та підвищення ефективності засвоєння знань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Історичний аналіз розвитку наукової комунікації свідчить про три основні етапи еволюції: традиційний (друкована продукція), перехідний (цифрові копії друкованих видань) та інноваційний (інтерактивні електронні видання). Сучасний етап характеризується формуванням нової парадигми наукової комунікації, основаної на принципах інтерактивності, мультимедійності та адаптивності.

Інтерактивне електронне наукове видання визначається як цифровий ресурс, що забезпечує нелінійну навігацію, мультимедійне представлення інформації, можливість персоналізації контенту та активну взаємодію користувача з науковими даними. Відмінності від традиційних форматів полягають у:

- Нелінійності структури через гіпертекстові зв'язки.
- Мультимедійному представленні даних (відео, аудіо, 3D-моделі).
- Інтерактивних елементах (симуляції, калькулятори, тести).
- Адаптивності до потреб користувача.
- Можливості колаборативного редагування.

Когнітивні засади проєктування інтерактивних наукових видань

Сучасні підходи до створення інтерактивних наукових видань ґрунтуються на глибокому розумінні когнітивних процесів людини. Фундаментальною основою цих підходів є теорія подвійного кодування Пайвіо (Paivio, 1986), яка демонструє, що людський мозок обробляє вербальну та візуальну інформацію паралельно через різні канали. Це означає, що мультимедійні елементи в наукових виданнях не просто прикрашають текст, а активізують обидва канали обробки інформації, що значно покращує розуміння складних наукових концепцій та їх запам'ятовування.

Нейронаукові дослідження додатково підтверджують цінність інтерактивних елементів у наукових текстах. Коли читач взаємодіє з інтерактивними компонентами, активізується префронтальна кора головного мозку, яка відповідає за робочу пам'ять та виконавчі функції. Це пояснює, чому інтерактивні елементи не лише привертають увагу, а й сприяють глибшому аналізу та критичному мисленню.

Однак інтерактивність може стати перешкодою, якщо не враховувати принципи когнітивного навантаження. Теорія когнітивного навантаження застерігає від перевантаження читача інформацією та пропонує стратегії оптимізації: сегментацію складної інформації на менші блоки, поетапне розкриття контенту відповідно до потреб користувача, використання візуальних підказок для направлення уваги та персоналізацію рівня складності залежно від підготовки читача.

Архітектурні принципи організації наукової інформації

Проектування інформаційної архітектури інтерактивних наукових видань вимагає особливого підходу через специфіку наукової інформації (рис. 1). На відміну від популярних текстів, наукова інформація характеризується високою концептуальною щільністю, складними міждисциплінарними зв'язками та потребою в точних посиланнях і верифікації.



Рис. 1. Принципи проєктування інформаційної архітектури інтерактивних наукових видань із врахуванням специфіки наукової інформації

Ієрархічна організація контенту повинна відображати фасетну класифікацію, що дозволяє структурувати багатовимірні наукові дані. Це означає, що одна й та сама інформація може бути організована за різними критеріями: за хронологією, за тематикою, за методологією або за рівнем складності. Така організація дає змогу читачеві знаходити інформацію через різні шляхи, відповідно до своїх дослідницьких потреб.

Семантичні зв'язки між елементами видання створюються через використання онтологій – формальних описів концептуальних відношень між науковими поняттями. Це дозволяє системі автоматично пропонувати релевантні матеріали, показувати зв'язки між різними концепціями та підтримувати міждисциплінарні дослідження.

Адаптивна навігація представляє собою динамічну зміну структури інтерфейсу відповідно до профілю користувача. Система аналізує поведінку читача, його академічний бекграунд та історію взаємодії з контентом, щоб персоналізувати подання інформації.

Методологічні підходи до впровадження сучасних технологій

Штучний інтелект у службі наукових видань

Інтеграція технологій штучного інтелекту та машинного навчання революціонізує спосіб взаємодії читачів з науковим контентом. Персоналізація контенту здійснюється через складні алгоритми рекомендацій, які аналізують поведінку користувачів, їхній академічний профіль та історію взаємодії з різними типами контенту. Математична модель такої персоналізації враховує подібність між користувачами, популярність контенту та його релевантність для конкретного читача:

$$R(u,i) = \alpha \cdot \text{sim}(u,v) + \beta \cdot \text{pop}(i) + \gamma \cdot \text{relevance}(u,i),$$

де $R(u,i)$ – рейтинг рекомендації елемента i для користувача u , $\text{sim}(u,v)$ – подібність користувачів, $\text{pop}(i)$ – популярність елемента, $\text{relevance}(u,i)$ – релевантність.

Автоматичне анотування стає можливим завдяки методам обробки природної мови (Natural Language Processing). Ці технології здатні генерувати метадані, виділяти ключові поняття, створювати автоматичні реферати та навіть пропонувати теги для категоризації публікацій. Це значно знижує навантаження на редакторів та авторів, одночасно покращуючи пошуковість та доступність наукового контенту.

Інтелектуальний пошук переходить від простого збігу ключових слів до розуміння контексту запиту. Семантичний пошук аналізує намір користувача, синоніми, контекст та зв'язки між поняттями, що дозволяє знаходити релевантну інформацію навіть при неточних або неповних запитах.

Семантичні технології та зв'язані дані

Застосування принципів Linked Open Data та онтологій забезпечує машиночитаність наукового контенту. Це означає, що комп'ютерні системи можуть автоматично обробляти, аналізувати та встановлювати зв'язки між різними публікаціями. Формальна модель семантичного анотування включає ресурс, концепт онтології, властивість та лінгвістичний маркер, що створює структурований опис наукового контенту:

$$A = (R, C, P, \lambda),$$

де A – анотація, R – ресурс, C – концепт онтології, P – властивість, λ – лінгвістичний маркер.

Інтеграція з зовнішніми базами даних дозволяє збагачувати публікації додатковою інформацією з міжнародних наукових репозиторіїв, баз даних цитувань та спеціалізованих колекцій. Автоматичне встановлення зв'язків між публікаціями допомагає виявляти тренди, впливові роботи та перспективні напрямки досліджень.

Великі дані (Big Data) в аналізі наукового контенту

Аналіз великих даних відкриває нові можливості для розуміння патернів споживання наукової інформації. Дослідження того, як читачі взаємодіють з різними типами контенту, дозволяє оптимізувати структуру видань, покращувати користувацький досвід та прогнозувати майбутні тренди наукових досліджень. Персоналізовані рекомендації стають більш точними завдяки аналізу поведінки великих груп користувачів з подібними інтересами та потребами (рис. 2.).

Застосування аналізу великих даних у наукових дослідженнях



Рис. 2. Можливості Big Data аналізу для оптимізації наукових видань та процесів засвоєння знань

Блокчейн як гарант довіри в науковому видавництві

Впровадження технологій розподілених реєстрів адресує критичні проблеми довіри в науковому видавництві. Захист авторських прав забезпечується через створення незмінного запису про авторство та дату публікації. Прозорість процесу рецензування досягається через відкриту систему, де всі етапи оцінки якості можуть бути відстежені та верифіковані.

Верифікація даних гарантує цілісність наукових даних протягом всього життєвого циклу публікації. Децентралізовані видання пропонують альтернативу традиційним видавничим моделям, потенційно знижуючи витрати та підвищуючи доступність наукової інформації.

Сучасний ландшафт інструментів для створення інтерактивних наукових видань включає спеціалізовані платформи, кожна з яких адресує специфічні потреби. Jupyter Notebooks дозволяють створювати інтерактивні обчислювальні публікації, де код, результати та пояснення інтегровані в єдиний документ. Scholastica пропонує комплексні рішення для створення мультимедійних журналів з підтримкою відео, анімацій та інтерактивних діаграм.

Одним з найбільших викликів є відсутність єдиних стандартів для інтерактивних форматів. Це ускладнює обмін контентом між різними платформами та може призвести до технологічної фрагментації. Забезпечення сумісності на різних пристроях та платформах вимагає додаткових зусиль від розробників та може збільшувати витрати на розробку.

Оптимізація продуктивності стає критично важливою при роботі з великими обсягами даних, особливо коли йдеться про інтерактивні візуалізації складних наукових даних. Питання безпеки включають захист від несанкціонованого доступу та модифікації, що особливо важливо для наукових даних.

Економічні виклики впровадження інтерактивних наукових видань є значними. Початкові витрати на розробку можуть становити 50-200% від витрат на традиційні видання. Необхідність перепідготовки персоналу, постійної технічної підтримки та розробки нових моделей монетизації створює додаткові фінансові навантаження.

Нові моделі монетизації включають підписки на преміум-функції, мікроплатежі за доступ до спеціалізованого контенту та експериментальні підходи, такі як токенизація наукових досягнень.

Забезпечення довгострокового зберігання інтерактивних наукових видань представляє унікальні технологічні виклики. На відміну від статичних текстів, інтерактивні елементи залежать від програмного забезпечення, операційних систем та апаратного забезпечення, які постійно змінюються.

Стратегії збереження включають емуляцію програмного середовища, міграцію контенту в нові формати, інкапсуляцію всіх залежностей у архіви та стандартизацію через використання відкритих форматів. Розширена схема метаданих повинна включати детальну інформацію про всі інтерактивні елементи, їхні технічні характеристики та залежності.

Майбутнє інтерактивних наукових видань тісно пов'язане з розвитком іммерсивних технологій. Віртуальна реальність відкриває можливості для тривимірної візуалізації складних наукових даних, дозволяючи дослідникам «занурюватися» в молекулярні структури, астрономічні об'єкти або історичні реконструкції.

Доповнена реальність дозволяє накладати цифрову інформацію на реальні об'єкти, що може революціонізувати практичні дисципліни. Голографічні дисплеї та нейроінтерфейси представляють більш далекі, але потенційно трансформативні технології.

Генеративні моделі штучного інтелекту можуть автоматично створювати наукові тексти, візуалізації та навіть гіпотези. Квантові обчислення обіцяють прискорити обробку складних наукових даних. Федеративне навчання дозволить спільне навчання алгоритмів без передачі чутливих даних, а пояснювальний штучний інтелект зробить алгоритми рекомендацій більш прозорими та зрозумілими (рис. 3).



Рис. 3. Майбутні напрямки розвитку наукових електронних видань та їх трансформаційний вплив на наукову діяльність

Впровадження інтерактивних наукових видань обіцяє прискорити процеси рецензування, підвищити якість наукової освіти, покращити міждисциплінарну співпрацю та демократизувати доступ до наукових знань. Ці зміни можуть фундаментально змінити спосіб проведення, публікації та споживання наукових досліджень.

Висновки. Проведене дослідження дозволило сформулювати науково-методичні засади проектування та вдосконалення інтерактивних електронних наукових видань. Основні результати включають:

1. **Концептуальну модель** інтерактивного наукового видання, що базується на принципах когнітивної психології, інформаційної архітектури та сучасних технологій.
2. **Методологічний підхід** до інтеграції AI, семантичних технологій та блокчейну для оптимізації процесів наукової комунікації.
3. **Систему критеріїв** оцінки ефективності інтерактивних наукових видань, включаючи метрики когнітивного навантаження, юзабіліті та навчальної ефективності.
4. **Рекомендації** щодо технічної реалізації, економічних моделей та правового забезпечення інноваційних видавничих рішень.
5. **Прогноз розвитку** сфери інтерактивних наукових видань з урахуванням тенденцій імерсивних технологій та штучного інтелекту.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці конкретних алгоритмів персоналізації наукового контенту, створенні стандартів інтерактивних наукових форматів та емпіричному дослідженні ефективності різних типів інтерактивності для засвоєння наукових знань.

Результати дослідження мають важливе значення для розвитку видавничої справи, підвищення ефективності наукової комунікації та оптимізації процесів навчання у вищих навчальних закладах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Козлов В. С., Сальников О. М. Електронні освітні ресурси. *Загальні вимоги та методика створення. Честь і закон*. 2013. № 1. С. 73–76.
2. Погореловська І. О. Електронні видання: ідентифікаційний аспект. *Держава та регіони. Соціальні комунікації*. 2013. № 2. С. 136–141.
3. Фіголь Н. М. Електронні видання України. *Обрії друкарства*. 2018. № 1 (6). С. 244–254.
4. Купріянова Т. Г. Друковані та електронні видання на етапі інформаційної революції. *Поліграфія і видавнича справа*. 2012. № 2. С. 32–38.
5. Nielsen J. Usability Engineering. Academic Press, 2019. 362 с.
6. The Future of Digital Communication Research: Considering Dynamics and Multimodality. Dhruv Grewal [et al.] *Journal of Retailing*. 2022. Vol. 98, Iss. 2. P. 224–240.
7. Hearst M. Search User Interfaces. Cambridge University Press, 2021. 408 с.
8. Midway S. R. Principles of Effective Data Visualization. *Patterns*. 2020. Vol. 1, Iss. 9. Art. 100141. URL: <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100141>.
9. Heersmink R. Extended Mind and Cognitive Enhancement: Moral Aspects of Cognitive Artifacts. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*. 2017. Vol. 16, Iss. 1. URL: <https://doi.org/10.1007/s11097-015-9448-5>.
10. Baddeley A. D. Developing the Concept of Working Memory: The Role of Neuropsychology. *Arch Clin Neuropsychol*. 2021. Vol. 36, Iss. 6. P. 861–873. URL: <https://doi.org/10.1093/arclin/acab060>.
11. Kahneman D., Lovallo D., Sibony O. A structured approach to strategic decisions. *MIT Sloan Management Review*. 2019. Vol. 60, Iss. 3. P. 67.
12. Berners-Lee, Hendler T., Lassila O. The Semantic Web: A New Form of Web Content that is Meaningful to Computers will Unleash a Revolution of New Possibilities. *Linking the World's Information*. J2023. P. 91–103. URL: <https://doi.org/10.1145/3591366.3591376>.
13. Subramanya S. R., Yi B. K. Digital rights management. *IEEE Potentials*. 2006. Vol. 25, Iss. 2. P. 31–34. URL: <https://doi.org/10.1109/MP.2006.1649008>.
14. Женченко М. В. Цифрові трансформації видавничої галузі : монографія (2-ге вид., змінене і доповнене). Видавництво «Жнець», 2019. 440 с.
15. Гурковський В. Концептуально-методологічні аспекти державного управління в умовах становлення інформаційного суспільства та електронного урядування в Україні. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. Серія: Державне управління*. 2017. № 17. С. 131–135. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2022/jan/26597/gurkovskyi.pdf>.

REFERENCES

1. Kozlov, V. Ye., & Salnikov, O. M. (2013). Elektronni osviti resursy. Zahalni vymohy ta metody stvorennia [Electronic educational resources. General requirements and methodology of creation]. *Chest i zakon*, (1), 73–76.
2. Pohorelovska, I. O. (2013). Elektronni vydannia: identyfikatsiinyi aspekt [Electronic publications: Identification aspect]. *Derzhava ta rehiony. Sotsialni komunikatsii*, (2), 136–141.
3. Fihol, N. M. (2018). Elektronni vydannia Ukrainy [Electronic publications of Ukraine]. *Obrii drukarstva*, (1), 244–254.
4. Kupriianova, T. H. (2012). Drukovani ta elektronni vydannia na etapi informatsiinoi revoliutsii [Printed and electronic publications at the stage of the information revolution]. *Polihrafiia i vydavnycha sprava*, (2), 32–38.
5. Nielsen, J. (2019). *Usability Engineering*. Academic Press.
6. Grewal, D., Herhausen, D., Ludwig, S., & Ordenes, F. V. (2022). The future of digital communication research: Considering dynamics and multimodality. *Journal of Retailing*, 98(2), 224–240.
7. Hearst, M. (2021). *Search User Interfaces*. Cambridge University Press.
8. Midway, S. R. (2020). Principles of effective data visualization. *Patterns*, 1(9), 100141. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100141>.
9. Heersmink, R. (2017). Extended mind and cognitive enhancement: Moral aspects of cognitive artifacts. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 16(1). <https://doi.org/10.1007/s11097-015-9448-5>.
10. Baddeley, A. D. (2021). Developing the concept of working memory: The role of neuropsychology. *Arch Clin Neuropsychol*, 36(6), 861–873. <https://doi.org/10.1093/arclin/acab060>.
11. Kahneman, D., Lovallo, D., & Sibony, O. (2019). A structured approach to strategic decisions. *MIT Sloan Management Review*, 60(3), 67.
12. Berners-Lee, T. (2023). The Semantic Web: A New Form of Web Content that is Meaningful to Computers will Unleash a Revolution of New Possibilities. In T. Berners-Lee, J. Hendler, & O. Lassila (Eds.), *Linking the World's Information* (pp. 91–103). <https://doi.org/10.1145/3591366.3591376>.
13. Subramanya, S. R., & Yi, B. K. (2006). Digital rights management. *IEEE Potentials*, 25(2), 31–34. <https://doi.org/10.1109/MP.2006.1649008>.
14. Zhenchenko, M. V. (2019). *Tsyfrovi transformatsii vydavnychoi haluzi : monohrafiia* (2-he vyd., zminene i dopovnene) [Digital transformations of the publishing industry: Monograph (2nd ed., revised and supplemented)]. Vydavnytstvo «Zhnets».
15. Hurkovskyi, V. (2017). Kontseptualno-metodolohichni aspekty derzhavnogo upravlinnia v umovakh stanovlennia informatsiinoho suspilstva ta elektronnoho uriaduvannia v Ukraini [Conceptual and methodological aspects of public administration in the conditions of information society formation and electronic governance in Ukraine]. *Naukovi zapysky Lvivskoho universytetu biznesu ta prava. Serii: Derzhavne upravlinnia*, (17), 131–135. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2022/jan/26597/gurkovskyi.pdf>.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR DESIGNING AND IMPROVING INTERACTIVE ELECTRONIC SCIENTIFIC PUBLICATIONS TO OPTIMIZE COMMUNICATION PROCESSES AND KNOWLEDGE ACQUISITION

M. M. Havenko

*Lviv Polytechnic National University
Institute of Printing Art and Media Technologies
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
Mykola.M.Havenko@lpnu.ua*

This article is devoted to a comprehensive study of scientific and methodological foundations for designing and improving interactive electronic scientific publications as an innovative tool for optimizing scientific communication processes and knowledge acquisition. The evolutionary path of scientific publishing from traditional printed formats to modern multimedia interactive platforms is analyzed, revealing key trends in the digital transformation of the academic environment. The cognitive aspects of perceiving interactive scientific content are systematized, taking into account the principles of cognitive psychology, neuroscience, and dual coding theory. A conceptual model of information architecture for complex scientific data is developed, considering the specifics of interdisciplinary research and personalization needs. Methodological approaches to implementing artificial intelligence, machine learning, and semantic technologies for automating annotation processes, intelligent search, and recommendation system formation are substantiated. The potential of blockchain technologies for ensuring copyright protection, scientific data verification, and creating transparent review mechanisms is explored. The technological, economic, and legal aspects of practical implementation of innovative publishing solutions are analyzed, including challenges of standardization, compatibility, and long-term preservation. Development prospects in the field are identified, considering trends in virtual and augmented reality, neurointerfaces, and quantum computing. The research results form a theoretical and practical foundation for further development of interactive scientific publications and optimization of academic communication.

Keywords: *interactive scientific publications, digital scientific communication, cognitive psychology, semantic technologies, artificial intelligence, information architecture, blockchain.*

Стаття надійшла до редакції 11.06.2025.

Received 11.06.2025.