

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2026-64-20>

УДК 004.4'2

Кунанець Наталія Едуардівна¹, д.н.соц.комун., професор

<https://orcid.org/0000-0003-3007-2462>

Пасічник Володимир Володимирович¹, д. т. н., професор

<https://orcid.org/0000-0002-5231-6395>

Кут Василь Іванович², к. т. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-5267-331X>

¹ Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

² ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна

ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЕКОСИСТЕМА: КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ

Кунанець Н. Е., Пасічник В. В., Кут В. І. Інформаційно-технологічна екосистема: концептуальна модель та закономірності розвитку. Статтю присвячено розробленню концептуальної моделі інформаційно-технологічної екосистеми, що відображає закономірності взаємодії її структурних компонентів у процесі трансформації даних в інформацію, знання, інформаційну цінність та практичні результати. Проаналізовано сучасні підходи до організації та опрацювання даних і встановлено, що наявні концепції переважно описують окремі аспекти функціонування інформаційних систем, не формуючи цілісної моделі причинно-наслідкових зв'язків між властивостями даних, технологічною інфраструктурою, процесами опрацювання, аналітичними механізмами та підтримкою прийняття рішень. Запропоновано концептуальну модель, у якій фундаментальні властивості даних визначають вимоги до технологічної інфраструктури, технологічні компоненти забезпечують їх реалізацію, а процеси опрацювання формують послідовну якісну трансформацію інформаційного ресурсу. Обґрунтовано закономірності формування технологічних компонентів, трансформації даних в інформацію та знання, формування інформаційної цінності й безперервної еволюції інформаційно-технологічної екосистеми. Показано, що реалізація рішень породжує нові дані та започатковує наступний цикл її функціонування. Наукова новизна полягає в інтегруванні зазначених процесів у єдину причинно-наслідкову модель. Практичне значення результатів визначається можливістю використання моделі як методологічної основи для дослідження, проєктування та розвитку інформаційно-технологічних платформ, систем штучного інтелекту, цифрових двійників, платформ розумного міста та інших складних інформаційних середовищ.

Ключові слова: інформаційно-технологічна екосистема; концептуальна модель інформаційно-технологічної екосистеми; великі дані; науки про дані; аналітика великих даних; інформаційна цінність; знання; підтримка прийняття рішень; цифрова трансформація.

Kunaneets N., Pasichnyk V., Kut V. Information Technology Ecosystem: A Conceptual Model and Development Patterns.

The article is devoted to developing a conceptual model of an information technology ecosystem that reflects the patterns of interaction among its structural components in the transformation of data into information, knowledge, information value, and practical outcomes. Contemporary approaches to data organization and processing are analyzed. It is established that existing concepts mainly describe individual aspects of information system functioning without providing a holistic model of causal relationships among data properties, technological infrastructure, processing procedures, analytical mechanisms, and decision support. A conceptual model is proposed in which fundamental data properties determine the requirements for technological infrastructure, technological components ensure their implementation, and data processing enables the successive qualitative transformation of information resources. The patterns governing the formation of technological components, the transformation of data into information and knowledge, the formation of information value, and the continuous evolution of the information technology ecosystem are substantiated. It is shown that decision implementation generates new data and initiates the next cycle of ecosystem functioning. The scientific novelty lies in integrating these processes into a unified causal model. The practical significance of the results is determined by the possibility of using the proposed model as a methodological basis for the research, design, and development of information technology platforms, artificial intelligence systems, digital twins, smart city platforms, and other complex information environments.

Keywords: information technology ecosystem; conceptual model; Big Data; Data Science; Big Data Analytics; information value; knowledge; decision support; development patterns; digital transformation.

Постановка проблеми. Стрімке зростання обсягів цифрових даних, швидкості їх генерування, різноманітності джерел і форматів, а також підвищення вимог до достовірності, актуальності та практичної цінності інформації зумовили трансформацію сучасних інформаційних систем у складні динамічні середовища, що поєднують технології збирання, зберігання, інтеграції й аналітичного опрацювання даних, засоби штучного інтелекту, механізми підтримки прийняття рішень, користувачів та управлінські компоненти. За таких умов традиційне представлення інформаційної системи як сукупності програмних і технічних засобів уже не повною мірою відображає складність, динамічність та адаптивність сучасних інформаційних середовищ.

Концепції Big Data та їх розширення формалізують фундаментальні властивості даних, процесні моделі KDD, CRISP-DM і Data Science описують етапи їх опрацювання, а ієрархія DIKW та споріднені підходи відображають трансформацію даних в інформацію і знання. Екосистемні підходи, своєю чергою, розглядають технологічні платформи, учасників та інформаційні потоки як взаємопов'язані складові

складних інформаційних середовищ. Проте зазначені концепції переважно описують окремі аспекти єдиного процесу та не встановлюють цілісного причинно-наслідкового зв'язку між властивостями даних, технологічною інфраструктурою, процесами опрацювання, формуванням знань та інформаційної цінності, підтримкою прийняття рішень і результатами практичної діяльності.

Отже, актуальним науковим завданням є розроблення концептуальної моделі інформаційно-технологічної екосистеми, яка інтегрує її структурні, технологічні, аналітичні, людиноцентричні та управлінські компоненти й пояснює закономірності їх формування, взаємодії та розвитку. Така модель має відображати причинно-наслідковий ланцюг від фундаментальних властивостей даних до технологічних компонентів, їх опрацювання, формування інформації, знань та інформаційної цінності, підтримки прийняття рішень і практичних дій, результати яких генерують нові дані та започатковують наступний цикл розвитку екосистеми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні дослідження систем роботи з даними характеризуються переходом від опису окремих властивостей великих даних до комплексного розгляду технологічних, аналітичних, організаційних і людиноцентричних складових. У межах науки про дані цей перехід пов'язаний з інтеграцією даних, аналітичних методів, технологій, предметних знань і процесів прийняття рішень [1, 5]. Технологічний аспект представлений дослідженнями взаємодії великих даних із хмарними обчисленнями, розподіленими сховищами та масштабованим опрацюванням [2], а платформний — трактуванням цифрових платформ як соціотехнічних систем, що поєднують технологічну архітектуру, програмні компоненти, організації та користувачів [3]. Подальший розвиток такого підходу простежується у концепції цифрових двійників, де інтегруються IoT, штучний інтелект, аналітика, цифрове моделювання та двобічний обмін даними між фізичними й віртуальними об'єктами [4].

Екосистемний підхід розширює межі технологічного трактування систем роботи з даними. Цифрові платформи розглядаються як середовище взаємодії незалежних учасників і створення цінності [6], екосистеми даних — як сукупність виробників, споживачів, посередників, сервісів і механізмів управління життєвим циклом даних [7], а цифрові екосистеми — як адаптивні соціотехнічні середовища взаємодії сервісів, організацій, користувачів та інфраструктури [8]. Сучасні дослідження розвивають ці положення стосовно урядових екосистем великих даних [9, 11], керованих знаннями екосистем даних [10], платформних [12] та AI-екосистем [13]. Узагальнення наявних трактувань підтверджує існування технологічного, платформного, акторного та інституційно-організаційного підходів до визначення цифрової екосистеми [14]. Оглядові дослідження великих даних і Nadoop Ecosystem [15, 16] також демонструють поступовий перехід від характеристики даних до комплексного аналізу технологічного середовища їх функціонування.

Інший напрям формують процесні та концептуальні моделі трансформації інформаційного ресурсу. KDD описує багатоетапне отримання знань із даних [17, 18], а CRISP-DM та споріднені моделі формалізують життєвий цикл аналітичного проекту від розуміння предметної області до використання отриманих результатів [19–22]. Ієрархія DIKW концептуалізує якісну трансформацію даних в інформацію, знання та мудрість [23]. Подальші дослідження засвідчили неоднозначність трактування її рівнів і механізмів переходу між ними [24, 25], а також залежність формування інформації та знань від контексту, інтерпретації й предметної області [26]. Отже, процесні моделі пояснюють послідовність роботи з даними, а DIKW — якісну трансформацію інформаційного ресурсу, проте не охоплюють у повному обсязі технологічні, аналітичні, людиноцентричні та управлінські механізми функціонування інформаційно-технологічної екосистеми.

Проведений аналіз показав, що наявні концепції розкривають окремі аспекти роботи з даними — їх властивості, технологічну інфраструктуру, процеси опрацювання, трансформацію в знання, взаємодію учасників або механізми створення цінності. Водночас недостатньо досліджено причинно-наслідковий зв'язок між фундаментальними властивостями даних, породженими ними технологічними компонентами, процесами опрацювання, формуванням знань та інформаційної цінності, підтримкою прийняття рішень і подальшим розвитком системи. Це визначає наукову прогалину та обґрунтовує необхідність розроблення цілісної концептуальної моделі інформаційно-технологічної екосистеми.

На підставі проведеного аналізу висунуто гіпотезу, що інформаційно-технологічну екосистему доцільно розглядати як відкриту, динамічну та адаптивну систему взаємопов'язаних даних, процесів їх опрацювання, технологічної інфраструктури, аналітичних механізмів, суб'єктів діяльності та засобів управління, взаємодія яких забезпечує послідовне перетворення даних в інформацію, знання, інформаційну цінність, обґрунтовані рішення та практичні дії. Результати реалізації рішень породжують нові дані, забезпечуючи циклічність функціонування та розвитку екосистеми.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика сучасних концепцій роботи з даними та запропонованої концептуальної моделі інформаційно-технологічної екосистеми

Підхід	Властивості даних	Технології	Процеси	Знання	Інформаційна цінність	Decision Support	Безперервна еволюція
Big Data	✓	—	—	—	—	—	—
Big Data Analytics	✓	✓	✓	частков	—	частков	—
KDD	✓	✓	✓	✓	—	—	—
CRISP-DM	✓	✓	✓	частков	—	частков	—
DIKW	✓	—	—	✓	—	—	—
Data Ecosystem	✓	✓	✓	частков	частково	частков	частково
Розроблена модель	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Порівняльний аналіз підтверджує, що наявні концепції охоплюють лише окремі складові досліджуваного процесу, тоді як запропонований підхід передбачає їх інтеграцію в єдину причинно-наслідкову систему. Перевірка сформульованої гіпотези потребує визначення структурних і функціональних компонентів інформаційно-технологічної екосистеми, встановлення зв'язків між ними та обґрунтування закономірностей трансформації інформаційного ресурсу.

Метою роботи є розроблення концептуальної моделі інформаційно-технологічної екосистеми на основі встановлення закономірностей взаємозв'язку між фундаментальними властивостями даних, процесами їх опрацювання, інформаційно-технологічною інфраструктурою, аналітичними механізмами, формуванням інформаційної цінності, людиноцентричними та управлінськими компонентами сучасних систем роботи з даними.

Завдання статті полягають в аналізі сучасних підходів до трактування інформаційно-технологічної екосистеми та споріднених концепцій, встановленні закономірностей взаємодії структурних компонентів інформаційно-технологічної екосистеми, розробленні її концептуальної моделі та обґрунтуванні методологічного значення запропонованого підходу.

Закономірності взаємодії структурних компонентів інформаційно-технологічної екосистеми *Концептуальна модель інформаційно-технологічної екосистеми*

Інформаційно-технологічну екосистему пропонується розглядати як відкриту адаптивну систему, що поєднує дані та їх фундаментальні властивості, технологічну інфраструктуру, процеси опрацювання, механізми формування інформації, знань та інформаційної цінності, підтримку прийняття рішень, суб'єктні й управлінські компоненти та причинно-наслідкові зв'язки між ними. Їх взаємодія забезпечує послідовну трансформацію інформаційного ресурсу та безперервний розвиток екосистеми.

Формально концептуальну модель інформаційно-технологічної екосистеми подамо як:

$$ITE = \{D, V, T, P, I, K, IV, DS, U, M, R\},$$

де D - дані; V - фундаментальні властивості даних; T - технологічні компоненти; P - процеси опрацювання даних; I - інформація; K - знання; IV - інформаційна цінність; DS - підтримка прийняття рішень; U - суб'єктний компонент, що охоплює людей та інтелектуальних агентів як користувачів інформаційних ресурсів, сформованої інформаційної цінності й механізмів підтримки прийняття рішень.

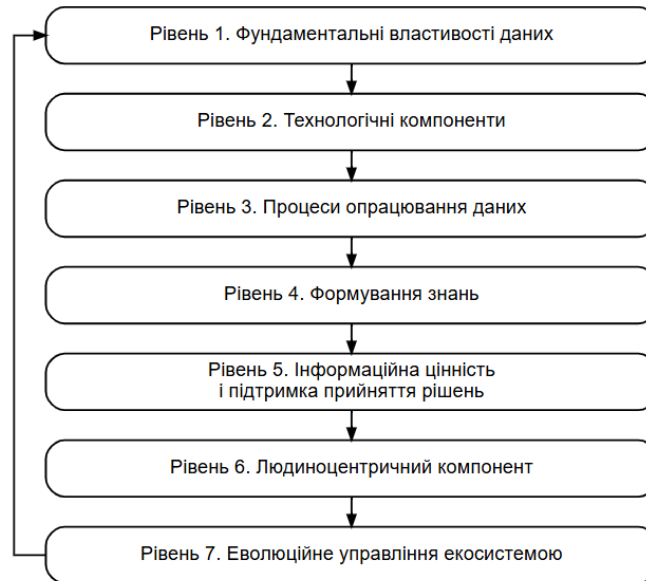


Рис. 1. Концептуальна модель рівнів інформаційно-технологічної екосистеми

Людиноцентричність при цьому визначає ціннісну та цільову спрямованість функціонування інформаційно-технологічної екосистеми; М - управління розвитком інформаційно-технологічної екосистеми; R - причинно-наслідкові взаємозв'язки між структурними компонентами екосистеми.

Запропонована модель визначає не архітектуру програмного комплексу, а концептуальну структуру інформаційно-технологічної екосистеми та причинно-наслідкові залежності між її компонентами, що зумовлюють формування технологічної інфраструктури, трансформацію інформаційного ресурсу, створення інформаційної цінності, підтримку прийняття рішень і подальший розвиток екосистеми (рис. 1).

Фундаментальні властивості даних як першопричина розвитку екосистеми

Закономірність детермінованості технологічного розвитку фундаментальних властивостей даних

У запропонованій концепції фундаментальні властивості даних розглядаються як первинні чинники розвитку інформаційно-технологічної екосистеми. До них віднесено **Volume, Velocity, Variety, Variability, Veracity, Validity i Volatility**, які характеризують внутрішні властивості інформаційного ресурсу незалежно від конкретної технологічної реалізації та предметної області. Досягнення певною властивістю рівня, за якого наявні засоби вже не забезпечують ефективного опрацювання даних, формує потребу у відповідному класі технологічних компонентів.

Так, **Volume** зумовлює потребу в розподіленому зберіганні, паралельних обчисленнях і масштабуванні; **Velocity** — у потоковому опрацюванні та аналітиці реального часу; **Variety** — в інтеграції гетерогенних джерел, гнучких моделях зберігання та семантичній сумісності; **Variability** — в адаптивних механізмах і динамічному налаштуванні; **Veracity** — у контролі якості, очищенні та простежуваності даних; **Validity** — у засобах валідації та управління даними; **Volatility** — у технологіях управління життєвим циклом інформаційних ресурсів.

Формально причинно-наслідковий зв'язок між фундаментальними властивостями даних і технологічними компонентами можна подати як

$$N: V \rightarrow 2^T,$$

де N - оператор технологічної необхідності, що кожній фундаментальній властивості $v \in V$ ставить у відповідність множину $N(v) \subseteq T$ технологічних компонентів, потрібних для ефективної роботи з даними за визначеного рівня прояву цієї властивості. Таке представлення дозволяє пояснювати технологічну інфраструктуру не як довільний набір програмних і технічних засобів, а як закономірну відповідь інформаційно-технологічної екосистеми на природу та обмеження інформаційного ресурсу.

Отже, першою закономірністю взаємодії структурних компонентів інформаційно-технологічної екосистеми є детермінованість технологічного розвитку фундаментальними властивостями даних. Її зміст полягає в тому, що зміна кількісних, структурних, якісних і часових характеристик інформаційного ресурсу формує нові вимоги до його опрацювання, а перевищення можливостей наявних засобів зумовлює виникнення відповідних класів технологій. Саме тому фундаментальні властивості даних доцільно розглядати як першопричину розвитку екосистеми, а технологічну інфраструктуру — як адаптивну відповідь на сформовані ними об'єктивні потреби.

Ця закономірність визначає логіку переходу до наступного підрозділу. Технологічні компоненти, породжені властивостями даних, не є кінцевим результатом розвитку екосистеми. Їх поєднання створює нові функціональні можливості та забезпечує реалізацію взаємопов'язаних процесів збирання, інтеграції, очищення, зберігання й підготовки даних до аналітичного опрацювання. Отже, наступним етапом дослідження має стати встановлення закономірностей формування технологічних і процесних компонентів інформаційно-технологічної екосистеми.

Закономірність породження технологічних компонентів

Фундаментальні властивості даних визначають вимоги до технологічного рівня інформаційно-технологічної екосистеми. Технологічні компоненти виникають як функціональна відповідь на обмеження, зумовлені обсягом, швидкістю надходження, різноманітністю, мінливістю, достовірністю, валідністю та тривалістю актуальності даних. При цьому потреба у спеціалізованому технологічному рішенні виникає тоді, коли рівень прояву відповідної властивості перевищує можливості наявних засобів опрацювання інформаційного ресурсу.

Відповідність між фундаментальними властивостями даних і породженими ними класами технологічних компонентів можна узагальнити так: **Volume** зумовлює розвиток розподіленого зберігання, паралельних обчислень і масштабування; **Velocity** — потокового опрацювання та аналітики реального часу; **Variety** — засобів інтеграції гетерогенних джерел, різних моделей зберігання й семантичної сумісності; **Variability** — адаптивних механізмів, версіонування та динамічного налаштування; **Veracity** — контролю якості, очищення та простежуваності даних; **Validity** — валідації, контролю правил і управління даними; **Volatility** — управління життєвим циклом, архівування та політик зберігання інформаційних ресурсів.

Формально механізм породження технологічних компонентів подамо відображенням

$$G: V \rightarrow 2^T$$

де V - множина фундаментальних властивостей даних; T - множина технологічних компонентів інформаційно-технологічної екосистеми; 2^T - множина всіх можливих підмножин технологічних компонентів; $\rightarrow$ - відображення породження технологічних компонентів. Для кожної властивості $v \in V$ значення $G(v) \subseteq T$ визначає множину технологій, виникнення або застосування яких зумовлюється вимогами до роботи з даними, що мають відповідну властивість.

Відображення має багатозначний характер: одна властивість може породжувати декілька технологічних компонентів, а окремий компонент — забезпечувати реалізацію вимог, сформованих кількома властивостями.

Взаємодія технологічних компонентів забезпечує набуття екосистемою нових функціональних якостей: масштабованості, оперативності, інтероперабельності, адаптивності, надійності та керованості. Причинно-наслідкову послідовність цього процесу можна подати як

$$V \rightarrow T \rightarrow Q,$$

де Q — множина функціональних якостей, що виникають у результаті реалізації та взаємодії технологічних компонентів. Така залежність свідчить, що технології є не кінцевою метою розвитку екосистеми, а проміжною ланкою між фундаментальними властивостями інформаційного ресурсу та новою системною якістю.

Відповідно, закономірність породження технологічних компонентів можна сформулювати так:

кожна фундаментальна властивість даних, досягаючи рівня прояву, за якого наявні засоби вже не забезпечують ефективного функціонування системи, породжує об'єктивну потребу у формуванні відповідного класу технологічних компонентів, взаємодія яких забезпечує набуття інформаційно-технологічною екосистемою нових функціональних якостей.

Ця закономірність має пояснювальний характер. Вона дає змогу встановити не лише склад технологічної інфраструктури, а й причини виникнення її компонентів, умови, за яких вони стають необхідними, та функціональні результати їх упровадження. У такому трактуванні розвиток технологій постає як детермінований процес адаптації інформаційно-технологічної екосистеми до змін природи, масштабу та якості інформаційного ресурсу.

Отже, причинно-наслідковий зв'язок між фундаментальними властивостями даних і розвитком інформаційно-технологічної екосистеми не завершується формуванням технологічної інфраструктури. Взаємодія породжених технологічних компонентів забезпечує набуття системою нових функціональних якостей, які розширюють можливості опрацювання інформаційного ресурсу та створюють передумови для зростання його інформаційної цінності. У загальному вигляді цю послідовність можна подати як

$$V \rightarrow T \rightarrow Q \rightarrow IV,$$

де V- множина фундаментальних властивостей даних; T - множина технологічних компонентів; Q- множина функціональних якостей екосистеми; IV - інформаційна цінність, що формується внаслідок подальшої якісної трансформації та аналітичного опрацювання інформаційного ресурсу. Наведений зв'язок має багатозначний характер: одна властивість даних може породжувати декілька технологічних рішень, а взаємодія різних технологічних компонентів — формувати сукупність системних якостей. Тому цей ланцюг відображає не лінійне зіставлення окремих елементів, а загальний напрям причинно-наслідкового розвитку інформаційно-технологічної екосистеми.

Закономірність якісної трансформації інформаційного ресурсу

Формування технологічної інфраструктури та організація процесів опрацювання створюють умови для якісної трансформації інформаційного ресурсу. У запропонованій концепції **дані, інформація та знання розглядаються як якісно відмінні його стани**, перехід між якими визначається рівнем структурованості, контекстуалізації, інтерпретації та функціональної придатності.

Дані є первинним станом інформаційного ресурсу, що фіксує факти, події, вимірювання або характеристики об'єктів. Унаслідок очищення, валідації, інтеграції, структурування та контекстуалізації дані набувають семантичної визначеності й перетворюються на **інформацію**, придатну для опису стану досліджуваної системи. Подальше аналітичне опрацювання, спрямоване на виявлення закономірностей, причинно-наслідкових зв'язків і прогностичних залежностей, забезпечує перехід від інформації до **знань**. Отже, інформація описує стан системи, тоді як знання дають змогу пояснювати його, встановлювати закономірності та прогнозувати зміни.

Загальний процес якісної трансформації інформаційного ресурсу можна подати як

$$D \xrightarrow{\Phi_{DI}} I \xrightarrow{\Phi_{IK}} K,$$

де D - множина первинних даних; I - сформована на їх основі інформація; K - знання; Φ_{DI} - оператор перетворення даних на інформацію шляхом їх очищення, інтеграції, структурування та контекстуалізації; Φ_{IK} - оператор перетворення інформації на знання шляхом аналітичного опрацювання, інтерпретації та встановлення закономірностей.

Важливо, що оператори Φ_{DI} та Φ_{IK} відображають різні за природою процеси. Перехід від даних до інформації має переважно технологічно-процесний характер: він забезпечує впорядкування й контекстуалізацію інформаційного ресурсу. Перехід від інформації до знань має аналітично-когнітивний характер, оскільки передбачає виявлення закономірностей, пояснення причин і прогнозування наслідків. Таким чином, у межах екосистеми технологічне опрацювання та аналітичне пізнання утворюють взаємопов'язані, але функціонально відмінні рівні. Послідовність $D \rightarrow I \rightarrow K$ не слід трактувати як автоматичний або суто лінійний процес. Наявність даних сама по собі не гарантує формування інформації, а накопичення інформації не обов'язково приводить до виникнення знань. Для переходу між рівнями мають бути виконані певні умови якості, повноти, контекстної визначеності та аналітичної обґрунтованості. Некоректні, неповні або суперечливі дані можуть не сформувати достовірної інформації, а інформація без достатньої аналітичної інтерпретації не набуває властивостей знання. Формально цю умову можна представити так:

$$X_{i+1} = \Phi_i(X_i) \text{ за умови } q(\Phi_i(X_i)) \geq q_{i+1}^{\min}$$

де X_i - поточний стан інформаційного ресурсу; X_{i+1} — його наступний якісний стан; Φ_i - сукупність процесів трансформації; q - характеристика досягнутої інформаційної якості; $q_{i+1}^{\min}$ - мінімально необхідний рівень якості для виконання функцій наступного рівня.

У такому представленні кожний наступний стан інформаційного ресурсу є результатом подолання функціональної обмеженості попереднього. Дані фіксують факти, але не пояснюють ситуацію, тому виникає потреба в їх перетворенні на інформацію. Інформація описує стан системи, однак не розкриває стійких механізмів її функціонування, що зумовлює необхідність формування знань. Знання пояснюють і прогнозують, але ще потребують перетворення на рекомендації та альтернативи дій. Отже, кожний наступний рівень виникає як відповідь на обмежені можливості попереднього.

Якісна трансформація супроводжується зростанням потенціалу використання інформаційного ресурсу: дані мають потенційну інформаційну цінність, інформація — описову, а знання — пояснювальну та прогностичну. При цьому інформаційну цінність доцільно відрізняти від практичної: остання виникає під час використання знань для підтримки прийняття рішень і реалізації відповідних дій.

Узагальнено закономірність якісної трансформації інформаційного ресурсу можна сформулювати так:

кожний наступний рівень інформаційно-технологічної екосистеми виникає внаслідок цілеспрямованого опрацювання інформаційного ресурсу та набуття ним нової якості, достатньої для виконання функції цього рівня; дані перетворюються на інформацію через структурування і контекстуалізацію, а інформація — на знання через встановлення закономірностей, причинно-наслідкових зв'язків і прогностичних залежностей.

Ця закономірність дає змогу перейти від розуміння інформаційно-технологічної екосистеми як сукупності технологічних компонентів до її трактування як системи послідовного розвитку інформаційного ресурсу. У такій системі технології та процеси виконують роль механізмів трансформації, а дані, інформація й знання відображають якісно різні стани ресурсу, кожний із яких створює передумови для наступного рівня функціонування.

Таким чином, якісна трансформація інформаційного ресурсу становить центральну ланку між технологічною інфраструктурою та механізмами практичного використання результатів. Вона пояснює, яким чином організовані процеси опрацювання перетворюють первинні дані на інформацію, а аналітичні механізми — інформацію на знання. Наступним етапом дослідження є встановлення закономірності формування інформаційної цінності, яка показує, як нова якість інформаційного ресурсу розширює можливості екосистеми та створює основу для підтримки прийняття рішень.

Закономірність формування інформаційної цінності

Якісна трансформація інформаційного ресурсу забезпечує перехід від даних до інформації та знань, однак практичне значення знань визначається можливістю їх використання для прогнозування, оцінювання альтернатив і підтримки прийняття рішень. Тому наступним рівнем розвитку інформаційного ресурсу є формування інформаційної цінності, що характеризує його придатність до практичного використання. Інформаційна цінність не є окремим видом інформаційного ресурсу, а виступає інтегральною характеристикою практичної придатності сформованих знань. Вона залежить від їх достовірності, актуальності, прогностичної здатності, своєчасності та відповідності контексту використання. Отже, не кожне сформоване знання автоматично набуває інформаційної цінності: воно має відповідати цілям і умовам конкретного завдання. Узагальнено процес формування інформаційної цінності можна представити як

$$K \xrightarrow{\Psi} IV,$$

де K - множина сформованих знань; IV - інформаційна цінність; Ψ - оператор інтегрального оцінювання практичної придатності знань.

На відміну від попередніх операторів трансформації, оператор Ψ не створює новий інформаційний ресурс, а визначає рівень його практичного потенціалу. Інформаційна цінність формується як результат інтегрального оцінювання знань за сукупністю критеріїв, що характеризують можливість їх ефективного використання в конкретній предметній області.

Формально інформаційну цінність можна подати у вигляді функції

$$IV(K) = \Psi(R(K), A(K), PC(K), T(K), C(K)),$$

де $R(K)$ - достовірність; $A(K)$ - актуальність; $PC(K)$ - прогностична здатність; $T(K)$ - своєчасність; $C(K)$ - контекстна придатність, Ψ - оператор інтегрального оцінювання інформаційної цінності. Цей запис показує, що достовірність, актуальність, прогностична здатність, своєчасність і контекстна придатність є характеристиками сформованих знань. У подальшому інформаційна цінність (IV) розглядається як інтегральна характеристика процесу трансформації даних і не отожднюється з V -характеристикою Value, яка описує лише одну з властивостей даних у межах класифікаційної парадигми Big Data. Запропонована залежність відображає принципову особливість інформаційної цінності. Вона визначається не окремими властивостями даних чи знань, а їх інтегральною здатністю забезпечувати ефективне вирішення практичних завдань.

Це дозволяє сформулювати закономірність формування інформаційної цінності, відповідно до якої: *інформаційна цінність виникає як інтегральний результат аналітичного опрацювання знань та визначається їх здатністю забезпечувати обґрунтоване прогнозування, оцінювання альтернатив і підтримку прийняття рішень у конкретній предметній області.*

Інформаційна цінність завершує аналітичний рівень функціонування екосистеми та створює передумови для її практичного використання людиною або інтелектуальним агентом у процесах підтримки прийняття рішень.

Закономірність безперервної еволюції інформаційно-технологічної екосистеми

Функціонування інформаційно-технологічної екосистеми не завершується формуванням знань, інформаційної цінності або прийняттям рішення. Реалізовані рішення змінюють стан предметної області

та породжують нові дані, які стають початковим ресурсом наступного циклу. Тому розвиток екосистеми має циклічний характер, а кожний наступний цикл відбувається з урахуванням результатів попереднього.

Отже, повний цикл функціонування інформаційно-технологічної екосистеми доцільно подати як послідовність

$$D \rightarrow I \rightarrow K \rightarrow DS \rightarrow A \rightarrow V_p \rightarrow D',$$

де D - первинні дані; I - інформація; K - знання; DS - результат підтримки прийняття рішень; A - реалізована дія або управлінське рішення; V_p - створена практична цінність; D' - нові дані, сформовані внаслідок зміни стану досліджуваної системи.

Нові дані D' не є простим повторенням початкової множини D . Вони відображають змінений стан предметної області, наслідки попередніх рішень, нові зовнішні умови та накопичений досвід функціонування екосистеми. Саме тому завершення одного циклу створює не повернення до вихідної точки, а перехід до нового стану розвитку системи.

Цю особливість можна подати як рекурентну залежність

$$D_{t+1} = F(D_t, A_t, E_t),$$

де D_t - дані про стан системи на момент часу t ; A_t - сукупність рішень і дій, реалізованих у межах поточного циклу; E_t - вплив зовнішнього середовища; F - оператор формування нового інформаційного стану. Відповідно, новий цикл екосистеми починається з даних, які вже містять інформацію про наслідки попереднього циклу.

Зворотний зв'язок може змінювати вимоги до складу й якості даних, технологічної інфраструктури, процесів опрацювання та аналітичних моделей. Управлінський компонент забезпечує оцінювання результатів попереднього циклу та формування вимог до наступного, завдяки чому екосистема адаптує свою структуру і функціональні можливості відповідно до накопиченого досвіду та змін середовища.

При цьому доцільно розрізняти функціонування та еволюцію інформаційно-технологічної екосистеми. Функціонування охоплює реалізацію циклу трансформації інформаційного ресурсу та його практичного використання. Еволюція відбувається тоді, коли результати такого циклу спричиняють структурні, функціональні або управлінські зміни самої екосистеми. Отже, повторення циклу без зміни її компонентів або взаємозв'язків є продовженням функціонування, тоді як їх якісна зміна характеризує еволюційний розвиток.

Залежність між результатами функціонування та наступним станом інформаційно-технологічної екосистеми можна подати як

$$S_{t+1} = \Gamma(S_t, R_t, E_t),$$

де S_t - стан інформаційно-технологічної екосистеми в поточному циклі; R_t - результати реалізації прийнятих рішень; E_t - зміни зовнішнього середовища; Γ - оператор еволюційного управління, який визначає перехід екосистеми до нового стану S_{t+1} .

Оператор Γ може змінювати не лише параметри окремих компонентів, а й структуру взаємозв'язків між ними. Зокрема, результати аналізу можуть зумовлювати появу нового технологічного модуля, зміну послідовності процесів, введення додаткового рівня контролю, перерозподіл ролей між людиною та автоматизованими системами або перегляд механізмів підтримки прийняття рішень. Таким чином, еволюція охоплює як параметричну адаптацію, так і структурну перебудову екосистеми.

Циклічність функціонування не означає простого повторення однакових процедур. Кожний новий цикл реалізується в оновлених умовах, збагачених результатами попереднього. Унаслідок цього інформаційно-технологічна екосистема накопичує дані, уточнює знання, удосконалює аналітичні моделі, підвищує якість рішень і розвиває технологічну інфраструктуру. Тому її розвиток доцільно розглядати не як замкнене коло, а як еволюційну спіраль, у якій кожне повернення до рівня даних відбувається на вищому рівні інформаційної та функціональної зрілості.

Розвиток екосистеми в послідовних циклах можна формально подати як

$$S_0 \xrightarrow{\Omega_0} S_1 \xrightarrow{\Omega_1} S_2 \xrightarrow{\Omega_2} \dots \xrightarrow{\Omega_{n-1}} S_n,$$

де S_1 - стан інформаційно-технологічної екосистеми після завершення i -го циклу, а Ω_i - сукупність трансформацій, що охоплює опрацювання даних, формування знань, прийняття та реалізацію рішень і подальше управлінське коригування. Кожний стан S_{i+1} містить результати накопичення досвіду та змін, реалізованих у попередніх циклах.

У цьому контексті доцільно розрізняти функціонування та еволюцію інформаційно-технологічної екосистеми. Функціонування охоплює реалізацію одного циклу перетворення даних на інформацію, знання, рішення та практичну цінність. Еволюція виникає тоді, коли результати функціонування змінюють

саму екосистему: її інформаційні потреби, технологічні компоненти, аналітичні методи, організаційні правила та механізми управління. Саме тому не кожне повторення інформаційного циклу є розвитком. Еволюційний характер виникає за умови, що зворотний зв'язок приводить до якісної зміни хоча б одного структурного компонента або взаємозв'язку між ними. Наприклад, просте надходження нової порції даних до незмінної системи є продовженням її функціонування. Натомість виявлення нової закономірності, яка спричинила зміну архітектури, правил збирання інформації або алгоритму підтримки рішень, свідчить про еволюційний перехід. Це дозволяє сформулювати умову еволюційної зміни $S_{t+1} \neq S_t$ за умови $\Delta C_t \vee \Delta L_t \vee \Delta M_t \neq 0$, де ΔC_t - зміна складу компонентів; ΔL_t - зміна зв'язків між ними; ΔM_t - зміна механізмів функціонування або управління. Отже, еволюція відбувається тоді, коли результати попереднього циклу спричиняють структурне, функціональне або управлінське оновлення екосистеми.

Здатність до структурних і функціональних змін визначає адаптивність інформаційно-технологічної екосистеми, яка реагує на зміни характеристик і джерел даних, потреб користувачів, зовнішніх умов та результати власного функціонування. Водночас її еволюція має бути керованою, оскільки необґрунтоване розширення технологічної інфраструктури або ускладнення аналітичних механізмів може збільшувати витрати без відповідного зростання інформаційної цінності. Тому критерієм доцільності еволюційних змін є їх внесок у формування нових функціональних якостей, підвищення інформаційної цінності, якості рішень і практичних результатів. Узагальнено закономірність безперервної еволюції інформаційно-технологічної екосистеми можна сформулювати так:

реалізація рішень, сформованих на основі знань та інформаційної цінності, змінює стан досліджуваної системи, породжує нові дані й вимоги до структурних компонентів, унаслідок чого завершення кожного циклу функціонування стає початком наступного циклу, а інформаційно-технологічна екосистема безперервно адаптує свою структуру, процеси, технології та механізми управління.

Ця закономірність інтегрує всі попередні положення в єдину модель. Фундаментальні властивості даних визначають потребу в технологічних компонентах; технології забезпечують процеси якісної трансформації інформаційного ресурсу; сформовані знання набувають інформаційної цінності та використовуються для підтримки прийняття рішень; реалізовані рішення створюють практичну цінність, змінюють предметну область і генерують нові дані. У результаті лінійний ланцюг трансформації перетворюється на замкнений еволюційний контур:

Дані → Інформація → Знання → Інформаційна цінність → Підтримка прийняття рішень → Дії → Практична цінність → Нові дані

Таким чином, інформаційно-технологічна екосистема постає як відкрита адаптивна система, здатна до накопичення досвіду, самооновлення й безперервного розвитку. Її цілісність визначається не лише наявністю взаємопов'язаних структурних компонентів, а передусім безперервністю причинно-наслідкового циклу, у якому результат функціонування одного етапу стає ресурсом і спонукаючим чинником наступного. Саме ця властивість відрізняє інформаційно-технологічну екосистему від статичної інформаційної архітектури та створює методологічну основу для побудови її концептуальної моделі.

Таблиця 2. Порівняльний аналіз концептуальних підходів до дослідження систем роботи з даними та їх інтеграція у запропонованій моделі інформаційно-технологічної екосистеми

Концепція	Основний концептуальний результат	Розвиток у запропонованій моделі
Big Data V-характеристики	Характеристика фундаментальних властивостей даних: Volume, Velocity, Variety, Veracity та ін.	Властивості даних розглядаються як чинники, що породжують вимоги до технологічних компонентів екосистеми.
DIKW	Якісна трансформація Data → Information → Knowledge → Wisdom.	Перехід D → I → K доповнено формуванням інформаційної цінності, підтримкою прийняття рішень, діями та генеруванням нових даних.
KDD	Формалізація процесу отримання знань із даних.	Формування знань включено до загального причинно-наслідкового процесу якісної

		трансформації інформаційного ресурсу.
CRISP-DM / Data Science Pipeline	Процесне представлення аналітичного опрацювання даних.	Процеси опрацювання інтегровано з властивостями даних, технологічними компонентами та механізмами формування інформаційної цінності.
Information Ecosystem	Взаємодія інформаційних ресурсів, технологій, користувачів і процесів.	Екосистемний підхід доповнено причинно-наслідковими зв'язками та механізмом безперервної еволюції.
Запропонована модель ITE	Інтеграція структурних і функціональних компонентів у цілісну систему.	$V \rightarrow T \rightarrow D \rightarrow I \rightarrow K \rightarrow IV \rightarrow DS \rightarrow A \rightarrow PV \rightarrow D'$, із формуванням нового циклу розвитку екосистеми.

Проведене порівняння дає підстави розглядати запропоновану концептуальну модель як методологічне узагальнення сучасних підходів до роботи з даними, їх аналітичного опрацювання та організації інформаційно-технологічних екосистем. На відміну від існуючих концепцій, які переважно описують окремі властивості даних, процеси їх опрацювання або структуру інформаційного середовища, запропонована модель формує універсальний методологічний принцип пояснення закономірностей розвитку інформаційно-технологічних екосистем. Її особливістю є інтеграція фундаментальних властивостей даних, технологічної інфраструктури, процесів опрацювання, аналітичних механізмів, формування інформаційної цінності, підтримки прийняття рішень і механізмів безперервної еволюції в єдину причинно-наслідкову систему. Саме така інтеграція створює теоретичну основу для аналізу, моделювання та проектування інформаційно-технологічних екосистем незалежно від предметної галузі.

Проведений аналіз показав, що сучасні концепції великі дані, наука про дані, KDD, CRISP-DM та інформаційних екосистем описують окремі аспекти роботи з даними, зокрема їх фундаментальні властивості, процеси опрацювання, отримання знань або взаємодію компонентів цифрового середовища. Водночас жоден із розглянутих підходів не пояснює причинно-наслідкових взаємозв'язків між фундаментальними властивостями даних, виникненням технологічної інфраструктури, формуванням інформаційної цінності та безперервною еволюцією інформаційно-технологічних екосистем. Це узгоджується з результатами сучасних оглядових досліджень, у яких наголошується на необхідності переходу від класифікації окремих характеристик до більш цілісного концептуального осмислення систем роботи з даними [15,16]. На відміну від існуючих моделей, запропонована концептуальна модель інтегрує фундаментальні властивості даних, технологічні компоненти, процеси опрацювання, аналітичні механізми, формування інформаційної цінності та підтримку прийняття рішень у єдину причинно-наслідкову систему. Такий підхід не замінює відомі концепції великих даних, KDD, CRISP-DM чи DIKW, а визначає їх місце в загальному процесі еволюції інформаційно-технологічних екосистем і створює методологічну основу для аналізу та проектування сучасних інформаційних систем незалежно від предметної галузі. Запропонована концепція не заперечує існуючі моделі роботи з даними, а інтегрує їх у єдину методологічну систему, пояснюючи закономірності їх взаємозв'язку та спільного розвитку. Саме ця інтегративна властивість, на нашу думку, визначає її основну теоретичну перевагу порівняно з відомими концептуальними підходами.

Висновки та перспективи подальшого дослідження

За результатами дослідження сформульовано такі основні висновки.

1. Уточнено поняття інформаційно-технологічної екосистеми, яку запропоновано розглядати як відкриту адаптивну причинно-наслідкову систему, що інтегрує фундаментальні властивості даних, технологічні компоненти, процеси опрацювання, механізми формування інформації, знань та інформаційної цінності, підтримку прийняття рішень, суб'єктний і управлінський компоненти.
2. Встановлено закономірність породження технологічних компонентів, відповідно до якої фундаментальні властивості даних формують вимоги до технологічної інфраструктури, а досягнення ними рівня, за якого наявні засоби не забезпечують ефективного функціонування системи, зумовлює потребу у відповідних класах технологічних рішень. Їх взаємодія забезпечує

набуття екосистемою нових функціональних якостей — масштабованості, оперативності, інтероперабельності, надійності, керованості та адаптивності.

3. Встановлено закономірність якісної трансформації інформаційного ресурсу, згідно з якою перехід $D \rightarrow I \rightarrow K$ відбувається за умови набуття ресурсом нової якості, достатньої для виконання функцій наступного рівня: дані перетворюються на інформацію внаслідок структурування та контекстуалізації, а інформація — на знання внаслідок встановлення закономірностей, причинно-наслідкових зв'язків і прогностичних залежностей.
4. Обґрунтовано закономірність формування інформаційної цінності, відповідно до якої вона є інтегральною характеристикою практичної придатності сформованих знань і визначається їх достовірністю, актуальністю, прогностичною здатністю, своєчасністю та контекстною придатністю. Інформаційна цінність забезпечує перехід від аналітичного опрацювання інформаційного ресурсу до підтримки прийняття рішень.
5. Встановлено закономірність безперервної еволюції інформаційно-технологічної екосистеми: реалізація рішень змінює стан предметної області та породжує нові дані, які започатковують наступний цикл її функціонування. Узагальнений причинно-наслідковий контур має вигляд:

Дані $\rightarrow$ Інформація $\rightarrow$ Знання $\rightarrow$ Інформаційна цінність $\rightarrow$ Підтримка прийняття рішень $\rightarrow$ Дії $\rightarrow$ Практична цінність $\rightarrow$ Нові дані $\rightarrow$...

6. Розроблено концептуальну модель інформаційно-технологічної екосистеми, яка інтегрує положення Big Data, KDD, CRISP-DM, DIKW та екосистемного підходу в єдину причинно-наслідкову систему. Методологічне значення моделі полягає в можливості її використання для аналізу та проєктування інформаційно-технологічних платформ, систем штучного інтелекту, цифрових двійників, платформ розумних міст, регіонів і громад, а також наукових і бібліотечних інформаційних систем.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з формалізацією встановлених закономірностей у межах цілісної математичної моделі, визначенням кількісних критеріїв переходу між рівнями екосистеми, розробленням показників інформаційної та практичної цінності та валідацією запропонованої концептуальної моделі для інформаційно-технологічних екосистем різних предметних галузей.

Список бібліографічного опису

1. Cao L. Data science: A comprehensive overview / L. Cao // ACM Computing Surveys. – 2017. – Vol. 50, No. 3. – Article 43. – DOI: <https://doi.org/10.1145/3076253>.
2. Hashem I. A. T. The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues / I. A. T. Hashem, I. Yaqoob, N. B. Anuar, S. Mokhtar, A. Gani, S. U. Khan // Information Systems. – 2015. – Vol. 47. – P. 98–115. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006>.
3. de Reuver M. The digital platform: A research agenda / M. de Reuver, C. Sørensen, R. C. Basole // Journal of Information Technology. – 2018. – Vol. 33, No. 2. – P. 124–135. – DOI: <https://doi.org/10.1057/s41265-016-0033-3>.
4. Fuller A. Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research / A. Fuller, Z. Fan, C. Day, C. Barlow // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 108952–108971. – DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>.
5. Data Science / ed. by J. Saltz, J. S. Saltz. – New York : Routledge, 2021. – 382 p.
6. Parker G. G. Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You / G. G. Parker, M. W. Van Alstyne, S. P. Choudary. – New York : W. W. Norton & Company, 2016. – 352 p.
7. Oliveira M. I. S. A conceptual model for data ecosystems / M. I. S. Oliveira, B. F. Lóscio, A. Espinha // Information Systems. – 2019. – Vol. 86. – P. 101–123. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.is.2019.101421>.
8. Nachira F. Towards a Network of Digital Business Ecosystems Fostering the Local Development / F. Nachira. – Luxembourg : European Commission, 2007. – 32 p.
9. Shah S. I. H. Government big data ecosystem: Definitions, types of data, actors, and roles and the impact in public administrations / S. I. H. Shah, V. Peristeras, I. Magnisalis // Journal of Data and Information Quality. – 2021. – Vol. 13, No. 2. – Article 8. – DOI: <https://doi.org/10.1145/3425709>.
10. Geisler S. Knowledge-driven data ecosystems toward data transparency / S. Geisler, M.-E. Vidal, C. Cappiello, B. F. Lóscio, A. Gal, M. Jarke, M. Lenzerini, P. Missier, B. Otto, E. Paja, B. Pernici, J. Rehof // Journal of Data and Information Quality. – 2021. – Vol. 14, No. 1. – Article 1. – DOI: <https://doi.org/10.1145/3467022>.
11. Shah S. I. H. A conceptual framework for the government big data ecosystem ("datagov.eco") / S. I. H. Shah, V. Peristeras, I. Magnisalis // Data & Knowledge Engineering. – 2024. – Vol. 154. – Article 102348. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.datak.2024.102348>.
12. Mbanefo C. C. Unveiling the core elements of platform ecosystem development: A systemic lens for value co-creation in small and medium enterprises and orchestrators / C. C. Mbanefo, S. S. Grobelaar // Management Review Quarterly. – 2025. – Vol. 75. – P. 1575–1618. – DOI: [10.1007/s11301-024-00416-1](https://doi.org/10.1007/s11301-024-00416-1).

13. Roundy P. T. Understanding AI innovation contexts: A review and content analysis of artificial intelligence and entrepreneurial ecosystems research / P. T. Roundy, A. Asllani // *Industrial Management & Data Systems*. – 2024. – Vol. 124, No. 7. – P. 2333–2363. – DOI: 10.1108/IMDS-08-2023-0551.
14. Koenig P. D. Leveraging the digital ecosystem concept for development research and practice: Potentials, limitations, and ways forward / P. D. Koenig // *Information Technology for Development*. – 2025. – Vol. 31, No. 2. – P. 388–405. – DOI: 10.1080/02681102.2024.2375735.
15. Shahnawaz M. A comprehensive survey on Big Data analytics: Characteristics, tools and techniques / M. Shahnawaz, M. Kumar // *ACM Computing Surveys*. – 2025. – Vol. 57, No. 8. – Article 196. – P. 1–33. – DOI: 10.1145/3718364.
16. Raza M. A. Review: Big Data V's models, challenges, Hadoop ecosystem, issues, uses, benefits and applications / M. A. Raza, H. U. R. Kayani, M. G. Z. Awan, M. Gul, A. Suleman, M. T. Aslam // *Pakistan Journal of Scientific Research*. – 2023. – Vol. 3, No. 1. – P. 47–60. – DOI: 10.57041/vol3iss1pp47-60.
17. Fayyad U. From data mining to knowledge discovery in databases / U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth // *AI Magazine*. – 1996. – Vol. 17, No. 3. – P. 37–54. – DOI: 10.1609/aimag.v17i3.1230.
18. *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining* / ed. by U. M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, R. Uthurusamy. – Menlo Park, CA : AAAI Press ; Cambridge, MA : MIT Press, 1996. – 611 p.
19. Chapman P. CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide / P. Chapman, J. Clinton, R. Kerber, T. Khabaza, T. Reinartz, C. Shearer, R. Wirth. – SPSS Inc. ; The CRISP-DM Consortium, 2000.
20. Martínez-Plumed F. CRISP-DM twenty years later: From data mining processes to data science trajectories / F. Martínez-Plumed, L. Contreras-Ochando, C. Ferri, J. Hernández-Orallo, M. Kull, N. Lachiche, M. J. Ramírez-Quintana, P. Flach // *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. – 2021. – Vol. 33, No. 8. – P. 3048–3061. – DOI: 10.1109/TKDE.2019.2962680.
21. Saltz J. S. Big data team process methodologies: A literature review and the identification of key factors for a project's success / J. S. Saltz, I. Shamsurhin // 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Washington, DC, USA, 5–8 December 2016. – Washington, DC, 2016. – P. 2872–2879. – DOI: 10.1109/BigData.2016.7840936
22. Saltz J. An ontology for data science project lifecycle / J. Saltz, R. Heckman // *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-53)*, Maui, Hawaii, USA, 7–10 January 2020. – Honolulu : University of Hawai'i at Mānoa, 2020. – P. 5934–5943. – DOI: 10.24251/HICSS.2020.727.
23. Ackoff R. L. From data to wisdom / R. L. Ackoff // *Journal of Applied Systems Analysis*. – 1989. – Vol. 16. – P. 3–9.
24. Rowley J. The wisdom hierarchy: Representations of the DIKW hierarchy / J. Rowley // *Journal of Information Science*. – 2007. – Vol. 33, No. 2. – P. 163–180. – DOI: 10.1177/0165551506070706.
25. Zins C. Conceptual approaches for defining data, information, and knowledge / C. Zins // *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. – 2007. – Vol. 58, No. 4. – P. 479–493. – DOI: 10.1002/asi.20508.
26. Frické M. The knowledge pyramid: A critique of the DIKW hierarchy / M. Frické // *Journal of Information Science*. – 2009. – Vol. 35, No. 2. – P. 131–142. – DOI: 10.1177/0165551508094050.

References

1. Cao L. Data science: A comprehensive overview / L. Cao // *ACM Computing Surveys*. – 2017. – Vol. 50, No. 3. – Article 43. – DOI: <https://doi.org/10.1145/3076253>.
2. Hashem I. A. T. The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues / I. A. T. Hashem, I. Yaqoob, N. B. Anuar, S. Mokhtar, A. Gani, S. U. Khan // *Information Systems*. – 2015. – Vol. 47. – P. 98–115. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006>.
3. de Reuver M. The digital platform: A research agenda / M. de Reuver, C. Sørensen, R. C. Basole // *Journal of Information Technology*. – 2018. – Vol. 33, No. 2. – P. 124–135. – DOI: <https://doi.org/10.1057/s41265-016-0033-3>.
4. Fuller A. Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research / A. Fuller, Z. Fan, C. Day, C. Barlow // *IEEE Access*. – 2020. – Vol. 8. – P. 108952–108971. – DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>.
5. *Data Science* / ed. by J. Saltz, J. S. Saltz. – New York : Routledge, 2021. – 382 p.
6. Parker G. G. Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You / G. G. Parker, M. W. Van Alstyne, S. P. Choudary. – New York : W. W. Norton & Company, 2016. – 352 p.
7. Oliveira M. I. S. A conceptual model for data ecosystems / M. I. S. Oliveira, B. F. Lóscio, A. Espinha // *Information Systems*. – 2019. – Vol. 86. – P. 101–123. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.is.2019.101421>.
8. Nachira F. Towards a Network of Digital Business Ecosystems Fostering the Local Development / F. Nachira. – Luxembourg : European Commission, 2007. – 32 p.
9. Shah S. I. H. Government big data ecosystem: Definitions, types of data, actors, and roles and the impact in public administrations / S. I. H. Shah, V. Peristeras, I. Magnisalis // *Journal of Data and Information Quality*. – 2021. – Vol. 13, No. 2. – Article 8. – DOI: <https://doi.org/10.1145/3425709>.
10. Geisler S. Knowledge-driven data ecosystems toward data transparency / S. Geisler, M.-E. Vidal, C. Cappiello, B. F. Lóscio, A. Gal, M. Jarke, M. Lenzerini, P. Missier, B. Otto, E. Paja, B. Pernici, J. Rehof // *Journal of Data and Information Quality*. – 2021. – Vol. 14, No. 1. – Article 1. – DOI: <https://doi.org/10.1145/3467022>.
11. Shah S. I. H. A conceptual framework for the government big data ecosystem ("datagov.eco") / S. I. H. Shah, V. Peristeras, I. Magnisalis // *Data & Knowledge Engineering*. – 2024. – Vol. 154. – Article 102348. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.datak.2024.102348>.

12. Mbanefo C. C. Unveiling the core elements of platform ecosystem development: A systemic lens for value co-creation in small and medium enterprises and orchestrators / C. C. Mbanefo, S. S. Grobbelaar // *Management Review Quarterly*. – 2025. – Vol. 75. – P. 1575–1618. – DOI: 10.1007/s11301-024-00416-1.
13. Roundy P. T. Understanding AI innovation contexts: A review and content analysis of artificial intelligence and entrepreneurial ecosystems research / P. T. Roundy, A. Asllani // *Industrial Management & Data Systems*. – 2024. – Vol. 124, No. 7. – P. 2333–2363. – DOI: 10.1108/IMDS-08-2023-0551.
14. Koenig P. D. Leveraging the digital ecosystem concept for development research and practice: Potentials, limitations, and ways forward / P. D. Koenig // *Information Technology for Development*. – 2025. – Vol. 31, No. 2. – P. 388–405. – DOI: 10.1080/02681102.2024.2375735.
15. Shahnawaz M. A comprehensive survey on Big Data analytics: Characteristics, tools and techniques / M. Shahnawaz, M. Kumar // *ACM Computing Surveys*. – 2025. – Vol. 57, No. 8. – Article 196. – P. 1–33. – DOI: 10.1145/3718364.
16. Raza M. A Review: Big Data V's models, challenges, Hadoop ecosystem, issues, uses, benefits and applications / M. A. Raza, H. U. R. Kayani, M. G. Z. Awan, M. Gul, A. Suleman, M. T. Aslam // *Pakistan Journal of Scientific Research*. – 2023. – Vol. 3, No. 1. – P. 47–60. – DOI: 10.57041/vol3iss1pp47-60.
17. Fayyad U. From data mining to knowledge discovery in databases / U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth // *AI Magazine*. – 1996. – Vol. 17, No. 3. – P. 37–54. – DOI: 10.1609/aimag.v17i3.1230.
18. *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining* / ed. by U. M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, R. Uthurusamy. – Menlo Park, CA : AAAI Press ; Cambridge, MA : MIT Press, 1996. – 611 p.
19. Chapman P. CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide / P. Chapman, J. Clinton, R. Kerber, T. Khabaza, T. Reinartz, C. Shearer, R. Wirth. – SPSS Inc. ; The CRISP-DM Consortium, 2000.
20. Martínez-Plumed F. CRISP-DM twenty years later: From data mining processes to data science trajectories / F. Martínez-Plumed, L. Contreras-Ochando, C. Ferri, J. Hernández-Orallo, M. Kull, N. Lachiche, M. J. Ramírez-Quintana, P. Flach // *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. – 2021. – Vol. 33, No. 8. – P. 3048–3061. – DOI: 10.1109/TKDE.2019.2962680.
21. Saltz J. S. Big data team process methodologies: A literature review and the identification of key factors for a project's success / J. S. Saltz, I. Shamshurin // 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Washington, DC, USA, 5–8 December 2016. – Washington, DC, 2016. – P. 2872–2879. – DOI: 10.1109/BigData.2016.7840936
22. Saltz J. An ontology for data science project lifecycle / J. Saltz, R. Heckman // *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-53)*, Maui, Hawaii, USA, 7–10 January 2020. – Honolulu : University of Hawai'i at Mānoa, 2020. – P. 5934–5943. – DOI: 10.24251/HICSS.2020.727.
23. Ackoff R. L. From data to wisdom / R. L. Ackoff // *Journal of Applied Systems Analysis*. – 1989. – Vol. 16. – P. 3–9.
24. Rowley J. The wisdom hierarchy: Representations of the DIKW hierarchy / J. Rowley // *Journal of Information Science*. – 2007. – Vol. 33, No. 2. – P. 163–180. – DOI: 10.1177/0165551506070706.
25. Zins C. Conceptual approaches for defining data, information, and knowledge / C. Zins // *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. – 2007. – Vol. 58, No. 4. – P. 479–493. – DOI: 10.1002/asi.20508.
26. Frické M. The knowledge pyramid: A critique of the DIKW hierarchy / M. Frické // *Journal of Information Science*. – 2009. – Vol. 35, No. 2. – P. 131–142. – DOI: 10.1177/0165551508094050.

Історія статті:

Отримано: 01.06.2026 Доопрацьовано: 21.08.2026 Прийнято до друку: 23.09.2026 Опубліковано: 29.09.2026