



UDC 004. [6+62+8]

Н. Е. Кунанець<sup>1</sup>, В. В. Пасічник<sup>1</sup>, В. І. Кут<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

<sup>2</sup> Ужгородський державний університет, м. Ужгород, Україна

## ЕВОЛЮЦІЯ V-ХАРАКТЕРИСТИК ВЕЛИКИХ ДАНИХ: ВІД КЛАСИФІКАЦІЇ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДО КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПЕРЕОСМИСЛЕННЯ

Досліджено розвиток наукових уявлень про характеристики великих даних шляхом аналізу їх еволюції від класичної моделі 3V до сучасних розширених моделей, що охоплюють понад 40 характеристик. Актуальність дослідження зумовлена постійним розширенням множини V-характеристик великих даних, що ускладнює їх однозначне трактування та потребує переосмислення наявних підходів до їх систематизації. Виконано системний аналіз фундаментальних і сучасних наукових праць стосовно розвитку концепції великих даних, із застосуванням історико-логічного, порівняльного, семантичного та контент-аналізу. Особливістю запропонованого аналізу є дослідження не тільки кількісного розширення множини характеристик, а і якісної трансформації їх змісту та функціонального призначення. Встановлено, що розвиток концепції великих даних супроводжується поступовим переходом від опису фундаментальних властивостей даних до охоплення характеристик, які відображають процеси їх опрацювання, технологічну інфраструктуру, аналітичні механізми, людиноцентричні чинники та управлінські аспекти функціонування сучасних інформаційних систем. Показано, що сучасні моделі великих даних поєднують поняття різної семантичної природи, унаслідок чого категорія їх V-характеристик втратила первинну однорідність і перестала описувати винятково властивості даних. Запропоновано узагальнену класифікацію V-характеристик великих даних за їх семантичною природою, яка систематизує поняття, сформовані на різних етапах розвитку їхньої концепції, та дає змогу виокремити фундаментальні властивості даних, процеси їх опрацювання, технологічні, аналітичні, людиноцентричні й управлінські характеристики. На відміну від наявних підходів, запропонована класифікація великих даних орієнтована не на розширення переліку характеристик, а на узагальнення закономірностей їх еволюції та змін функціонального призначення. Обґрунтовано, що подальше механічне збільшення кількості V-характеристик великих даних має обмежений методологічний потенціал, оскільки призводить до поєднання понять різної природи в межах єдиної класифікації. Доведено доцільність переходу від класифікаційного опису великих даних до концептуального осмислення сучасних систем роботи з даними, що створює методологічне підґрунтя для розроблення нових пояснювальних моделей розвитку інформаційних технологій та систем, а також можна використати для подальших досліджень у галузі науки про дані, методології створення інформаційних систем та аналізу великих даних.

**Ключові слова:** семантичний аналіз V-характеристик великих даних; функціональне призначення моделей V-характеристик великих даних; інформаційні системи; науки про дані; методологія досліджень; інформаційна цінність даних; концептуальні моделі систем роботи з великими даними.

### Вступ / Introduction

Упродовж останніх двох десятиліть концепція великих даних (*Big Data*) перетворилася з вузького технологічного поняття на одну з базових парадигм сучасної науки про дані, інформаційні системи та технології. Вихідною точкою її формування стала модель 3V, у якій великі дані подавалися через такі характеристики як обсяг (*Volume*), швидкість надходження й опрацювання (*Velocity*) та різноманітність форматів і джерел (*Variety*). Ці характеристики відображали основні особливості, пов'язані зі зберіганням, передаванням та опрацюванням масивів даних, можливості роботи з якими перевищували функціональні межі традиційних інфор-

маційних технологій.

Подальший розвиток систем збирання, зберігання, аналітичного опрацювання та використання даних зумовив поступове розширення початкової моделі 3V-характеристик великих даних. У науковій літературі послідовно з'явилися моделі 4V, 5V, 7V, 10V, 17V та розширені переліки, що охоплюють понад 40 V-термінів. До класичних характеристик почали додавати достовірність (*Veracity*), цінність (*Value*), мінливість (*Variability*), валідність (*Validity*), візуалізацію (*Visualization*), уразливість (*Vulnerability*), волатильність (*Volatility*) та інші категорії. Така еволюція відображала прагнення дослідників урахувати дедалі ширше коло технологіч-

© Copyright 2026 by the author(s)

Кунанець Наталія Едуардівна, д-р наук із соціальних комунікацій, професор, кафедра інформаційних систем та мереж.

Email: natalia.e.kunanets@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0003-3007-2462>

Пасічник Володимир Володимирович, д-р техн. наук, професор, кафедра інформаційних систем та мереж.

Email: volodymyr.v.pasichnyk@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-5231-6395>

Кут Василь Іванович, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інформатики та фізико-математичних дисциплін.

Email: vasyi.kut@uzhnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5267-331X>

**Цитування за ДСТУ:** Кунанець Н. Е., Пасічник В. В., Кут В. І. Еволюція V-характеристик великих даних: від класифікації властивостей до концептуального переосмислення. Науковий вісник НЛТУ України. 2026, т. 36, № 4. С. 138–150.

**Citation APA:** Kunanets, N. E., Pasichnyk, V. V., & Kut, V. I. (2026). Evolution of big data V-characteristics: from property classification to conceptual reinterpretation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 36(4), 138–150. <https://doi.org/10.36930/40360416>

них, аналітичних, організаційних і прикладних проблем, пов'язаних із функціонуванням сучасних систем роботи з даними.

Водночас, кількісне розширення множини V-характеристик великих даних спричинило ускладнення їх теоретичного тлумачення. Якщо початкова модель 3V описувала переважно внутрішні властивості даних, то в розширених моделях до єдиного переліку почали вносити поняття різної семантичної природи, зокрема – характеристики якості даних, технологічні засоби їх опрацювання, процеси аналітики, механізми управління, компетентності користувачів і результати практичного використання інформації. Унаслідок цього V-концепція великих даних поступово втратила початкову однорідність, а межі між властивостями даних, технологіями, процесами та результатами їх використання стали недостатньо визначеними.

Більшість наявних досліджень зосереджується на введенні нових V-характеристик великих даних, уточненні їх змісту або тематичному групуванні. Такі підходи мають важливе значення, проте здебільшого залишаються описовими. Вони демонструють, які поняття на різних етапах розвитку великих даних вносилися до їхнього концепту, однак не завжди дають можливість з'ясувати, за якими критеріями ці поняття належать до V-характеристик великих даних, чим зумовлене їх постійне розширення, та де проходить межа між властивостями даних і ширшими компонентами інформаційно-технологічного середовища.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю критичного переосмислення еволюції V-концепції. Подальше механічне збільшення кількості характеристик не обов'язково забезпечує поглиблення наукового розуміння концепту "великі дані". Навпаки, воно призводить до термінологічної надмірності, дублювання понять і змішування категорій різного рівня абстракції. Тому важливим є не тільки узагальнення сформованих моделей, а й установлення логіки їх розвитку, визначення основних етапів трансформації концепції та оцінювання методологічних меж класифікаційного підходу.

*Об'єкт дослідження* – еволюція наукових уявлень про характеристики великих даних.

*Предмет дослідження* – зміст, структура, класифікаційні підходи та закономірності розширення моделей V-характеристик великих даних, які дадуть змогу шляхом семантичного аналізу встановити особливості еволюції концепту "великі дані" та визначити передумови його концептуального переосмислення.

*Мета роботи* – дослідити еволюцію V-характеристик великих даних від класифікації властивостей до концептуального переосмислення сучасних інформаційно-технологічних систем, що дасть можливість систематизувати основні напрями їх розвитку, встановити закономірності зміни семантичної природи моделей їх V-характеристик та визначити методологічні обмеження подальшого розвитку класифікаційної парадигми концепту "великі дані".

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- простежити основні етапи розвитку моделей V-характеристик великих даних, що дасть змогу визначити основні етапи їхнього розвитку, а також встановити закономірності еволюції концепту великих даних та визначити основні етапи розширення його змісту;

- проаналізувати зміст і семантичну природу понять, що входять до розширених моделей V-характеристик великих даних, що дасть змогу встановити закономірності зміни семантичної природи моделей їх V-характеристик, виявити тенденцію розширення предметної області концепту Big Data та обґрунтувати їх класифікацію за семантичною природою;
- визначити тенденції переходу від опису властивостей даних до охоплення технологічних, аналітичних та управлінських аспектів, що сприятиме обґрунтуванню закономірності розширення предметної області концепту Big Data, визначенню методологічних меж класифікаційної парадигми та формуванню підґрунтя для переходу до концептуального моделювання сучасних інформаційно-технологічних систем;
- узагальнити наявні підходи до класифікації V-характеристик концепту "великі дані", що забезпечить формування узагальненої класифікації за їх семантичною природою та систематизацію функціональних груп понять, сформованих у процесі розвитку концепту Big Data;
- обґрунтувати межі класифікаційної парадигми та перспективні напрями подальшого методологічного осмислення проблематики великих даних, що створить теоретичне підґрунтя для побудови узагальнених моделей функціонування сучасних інформаційно-технологічних екосистем роботи з даними.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Фундаментальні характеристики великих даних уперше сформулював Дуглас Лейні [10], який запропонував модель 3V, що охоплювала обсяг (*Volume*), швидкість (*Velocity*) та різноманітність (*Variety*) даних. Автор показав, що саме поєднання цих характеристик визначає нові вимоги до зберігання, передавання та опрацювання інформації. Запропонована модель стала основою подальшого розвитку концепції великих даних.

Однією з перших узагальнювальних робіт є дослідження науковців [13]. Автори виконали комплексний аналіз основних характеристик великих даних, сфер їх застосування, технологічних викликів і проблем інформаційної безпеки. У роботі показано, що стрімке зростання обсягів даних потребує нових підходів до їх зберігання, опрацювання та аналізу. Водночас, дослідження має переважно оглядовий характер і не розглядає причинно-наслідкові механізми взаємозв'язку між фундаментальними властивостями даних та розвитком відповідних інформаційних технологій, що зумовило подальший розвиток досліджень у цьому напрямі.

Однією з найбільш цитованих оглядових робіт у сфері великих даних є дослідження авторів [3], у якому систематизовано основні напрями розвитку технологій великих даних, архітектурні підходи, методи опрацювання, аналітичні інструменти та сфери практичного застосування. Автори показали, що стрімке зростання обсягів, швидкості та різноманітності даних зумовило необхідність розвитку нових методів розподіленого зберігання, паралельного опрацювання, машинного навчання та інтелектуального аналізу даних. Важливим результатом роботи стало узагальнення основних наукових напрямів дослідження концепту великих даних та визначення їх взаємозв'язку з процесами розвитком сучасних інформаційних технологій.

Водночас, проведений авторами аналіз має переважно оглядовий характер [6]. Основну увагу приділено систематизації наявних технологій, методів і сфер застосування великих даних, тоді як питання причин виникнення нових V-характеристик великих даних і зако-

номірностей їх еволюції залишаються поза межами дослідження. Отже, робота створює фундаментальну основу для розуміння сучасного стану досліджень в галузі великих даних, однак не формує пояснювальної моделі великих даних, яка б пов'язувала фундаментальні властивості даних із розвитком відповідних технологічних компонентів.

Подальші дослідження були спрямовані переважно на розширення початкової моделі  $V_3$  шляхом введення нових  $V$ -характеристик великих даних. Так, науковці [8] доповнили модель характеристиками *Veracity* і *Value*, пов'язавши їх із забезпеченням достовірності даних та практичною цінністю результатів аналізу. Водночас, автори розглянули використання екосистеми *Apache Hadoop* як технологічної основи для роботи з великими даними. Однак взаємозв'язок між фундаментальними властивостями великих даних і необхідністю появи відповідних інформаційних технологій залишився поза межами їхнього дослідження.

Подальший розвиток концепції представлено у роботах [9], де запропоновано модель  $10V$ , а також [2], у якій сформовано модель  $17V$ . В обох дослідженнях простежується тенденція внесення до складу  $V$ -характеристик великих даних не тільки їхніх властивостей, а й характеристик їх якості, процесів опрацювання, безпеки, управління та практичного використання. При цьому основний акцент зроблено на систематизації нових характеристик, тоді як питання причин їх виникнення та взаємозв'язку автори практично не розглядають.

Системний аналіз розвитку концепції великих даних виконано у роботі [15], де узагальнено основні технологічні, організаційні та аналітичні виклики, пов'язані зі збиранням, зберіганням, опрацюванням і використанням великих даних. Водночас, запропонований підхід має переважно оглядово-таксономічний характер і не пояснює причинно-наслідкові зв'язки між властивостями даних та розвитком відповідних технологій.

Комплексний аналіз сучасного стану розвитку великих даних подано у роботі [4], де проаналізовано еволюцію їх  $V$ -характеристик від класичної моделі  $3V$  до сучасних моделей, що охоплюють понад 40 характеристик, а також розглянуто сучасні технології, архітектури та інструменти аналітики. Аналогічну тенденцію відображено в оглядовому дослідженні [5], автори якого розглядають концепцію моделі  $7V$  як багатовимірну систему взаємопов'язаних властивостей великих даних. Обидві роботи підтверджують поступовий перехід від опису характеристик даних до комплексного розгляду прикладних аспектів функціонування великих даних, однак зберігають переважно класифікаційний характер.

Проведений аналіз сучасних аналітичних досліджень свідчить, що після етапу активного розширення множини  $V$ -характеристик великих даних основна увага науковців поступово зміщується до проблем інтеграції технологій аналітики великих даних, штучного інтелекту, машинного навчання, платформних рішень та підтримки прийняття рішень [14]. Така тенденція підтверджує, що сучасний розвиток концепту *Big Data* визначається вже не стільки пошуком нових  $V$ -характеристик великих даних, скільки формуванням комплексних інформаційно-технологічних систем роботи з даними.

Проведений аналіз літератури показав, що більшість публікацій зосереджені на розширенні переліку  $V$ -характеристик великих даних та їх класифікації. Водно-

час, питання закономірностей еволюції цих характеристик, зміни їх семантичної природи та методологічних меж класифікаційного підходу залишаються недостатньо дослідженими, що й визначає предмет цього дослідження. На відміну від більшості попередніх досліджень, у яких основну увагу зосереджено на кількісному розширенні множини  $V$ -характеристик великих даних, у нашій роботі проаналізовано закономірностей їх еволюції, семантичної природи та функціонального призначення. Такий підхід до аналізу  $V$ -характеристик великих даних дає змогу оцінити розвиток їхньої концепції як процес накопичення нових характеристик, а також як послідовну зміну предметної області дослідження.

**Матеріали та методи дослідження.** Базовим матеріалом для проведення цього дослідження стали актуальні фундаментальні та прикладні наукові праці стосовно розвитку концепції великих даних, у яких запропоновано або проаналізовано моделі  $V$ -характеристик великих даних, починаючи із класичної моделі  $3V$  і завершуючи сучасними розширеними моделями, що охоплюють понад 40  $V$ -характеристик великих даних. До аналізу внесено праці, які істотно вплинули на формування сучасного розуміння концепту великих даних.

Методологічною основою дослідження є системний підхід, застосований до аналізу еволюції зазначеної концепції. На відміну від більшості робіт, у яких основну увагу приділяють систематизації або розширенню переліку  $V$ -характеристик великих даних, у цьому дослідженні аналіз спрямовано на виявлення закономірностей розвитку концепції великих даних та змін у змісті їхніх  $V$ -характеристик на різних етапах її еволюції.

Для досягнення поставленої мети використано комплекс взаємодоповнювальних методів дослідження. Історико-логічний метод – для встановлення послідовності формування моделей  $3V$ ,  $5V$ ,  $7V$ ,  $10V$ ,  $17V$  та сучасних розширених моделей. Порівняльний аналіз дав змогу виявити відмінності між окремими моделями, визначити нові характеристики, що з'являлися на різних етапах розвитку, та простежити тенденції розширення їх змісту. Контент-аналіз застосовано для дослідження семантичної природи окремих  $V$ -характеристик великих даних і визначення їх належності до різних груп понять. Метод концептуального узагальнення використано для формування висновків щодо еволюції  $V$ -концепції та оцінювання можливостей подальшого розвитку класифікаційного підходу.

Основну увагу приділено дослідженню зміни семантичної природи понять, що вносилися до розширених моделей, а також встановленню тенденції переходу від опису фундаментальних властивостей даних до охоплення технологічних, аналітичних, організаційних і прикладних аспектів роботи з даними. Особливістю запропонованої методології є дослідження кількісного розширення множини  $V$ -характеристик великих даних, трансформації їх семантичного змісту, функціонального призначення та взаємозв'язків між ними. Це створює методологічну основу для подальшого аналізу закономірностей розвитку концепції великих даних.

## **Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion**

*Аналіз змісту та семантичної природи  $V$ -характеристик великих даних.* Проведений аналіз показав, що розвиток концепції великих даних супроводжувався

збільшенням кількості їх V-характеристик, а також істотною зміною їх змісту. Якщо у класичній моделі 3V усі характеристики описували винятково базові властивості даних, то в подальших моделях до складу V-характеристик великих даних почали вносити поняття, які за своєю семантичною природою належать до різних класів інформації.

Перші три характеристики – Volume, Velocity та Variety – безпосередньо описують об'єктивні властивості даних, такі як їх обсяг, швидкість надходження та різноманітність структур і форматів. Саме вони визначають специфіку великих даних і формують вимоги до технологій їх зберігання та опрацювання.

Подальший розвиток концепції привів до появи характеристик Veracity, Validity, Variability та Volatility, які вже описують фізичні властивості даних, їх якісні характеристики, достовірність, мінливість і життєвий цикл. Отже, поняття V-характеристик великих даних було розширено від опису структури даних до оцінювання їх якості та придатності до використання.

На наступному етапі до складу V-характеристик великих даних почали вносити поняття, пов'язані з процесами опрацювання даних, зокрема – Visualization, Verification, Visualization, Value Discovery та інші. На відміну від попередніх груп, ці поняття описують технологічні або аналітичні процеси, що здійснюються над ними. У сучасних моделях (10V, 17V та подальших розширеннях) дедалі частіше з'являються поняття, що характеризують результати використання даних (Value), організаційні аспекти, безпеку, управління, підтримку прийняття рішень та інші прикладні елементи. Отже, до єдиного переліку V-характеристик великих даних починають вносити поняття різної природи – властивості даних, характеристики їх якості, технологічні компоненти, процеси опрацювання, аналітичні механізми та результати використання даних. Отримані результати свідчать, що еволюція V-характеристик великих даних відбувалася насамперед через поступове розширення їх семантичного змісту (табл. 1). Саме встановлення цієї тенденції є одним із ключових результатів проведеного дослідження, оскільки вона пояснює закономірності розвитку концепції великих даних і створює підґрунтя для її подальшого концептуального осмислення.

Окремі етапи розвитку V-концепції сформувалися не як результат появи нових авторських моделей, а як наслідок поступового узагальнення характеристик у науковій літературі. Саме тому поряд із загальноновизнаними моделями (3V, 5V, 7V, 17V) у дослідженні виокремлено також проміжні етапи еволюції (4V, 10V, 14V), реконструйовані на основі аналізу сучасних аналітичних публікацій. Поява моделей, що містять понад 40 і навіть 56 V-характеристик великих даних [12], свідчить, що подальший розвиток концепту Big Data відбувається переважно шляхом кількісного розширення переліку характеристик. Проведений семантичний аналіз V-характеристик великих даних показує, що нові V-характеристики великих даних вже не формують принципово нових функціональних класів, а деталізують або конкретизують раніше сформовані групи понять.

Наведене порівняння показує, що кожний етап розширення V-концепції супроводжувався введенням додаткових понять, зміною їх семантичної природи. У моделі 3V усі характеристики безпосередньо описували властивості даних. Модель 5V доповнила їх категорі-

ями достовірності та цінності, унаслідок чого поряд із властивостями даних почали враховувати їх якість і результативність використання. У моделі 7V до переліку введено мінливість і візуалізацію, що ознаменувало внесення до V-концепції процесів подання даних. Моделі 10V і 17V розширили предметну область за рахунок характеристик життєвого циклу, безпеки, опрацювання та аналітичного використання. У моделях із понад 40 характеристиками введено інфраструктурні, рольові людиноцентричні й управлінські поняття. Отже, еволюція моделей від 3V до розширених переліків відображає поступовий перехід від опису даних до опису ширшого інформаційно-технологічного середовища.

Проведений семантичний аналіз V-характеристик великих даних показав, що розширення множини V-характеристик великих даних супроводжується переходом від опису фундаментальних властивостей даних до внесення понять, які характеризують процеси їх опрацювання, технологічні рішення, результати аналітики та організаційні аспекти використання інформації. Це підтверджує та ілюструє поступову зміну змісту самої концепції великих даних та створює підґрунтя для подальшого аналізу її розвитку.

**Тенденції розвитку V-характеристик великих даних та узагальнення підходів до їх класифікації.** Сучасний розвиток концепції великих даних (Big Data) демонструє стрімку еволюцію від класичних трьох характеристик (3V) до розгалужених моделей (до 10V і більше), що зумовлено інтеграцією штучного інтелекту (AI), Інтернету речей (IoT) та хмарних обчислень. Класичні V-характеристики зміщують фокус із суто технічних параметрів (об'єм, швидкість) на якісні та безпекові (достовірність, цінність, вразливість). У класифікації великих даних спостерігається тенденція до стирання меж між типами даних завдяки розвитку інструментів штучного інтелекту, які здатні миттєво перетворювати неструктуровані потоки (відео, текст) на структуровані аналітичні матриці.

Такий підхід до класифікації великих даних дав можливість сформулювати висновок про те, що для еволюції концепції великих даних характерні збільшення кількості V-характеристик великих даних, а також поступова зміна їх функціонального призначення. Якщо перші моделі даних були орієнтовані винятково на опис фундаментальних властивостей даних, то подальший розвиток концепції супроводжувався внесенням до складу V-характеристик великих даних понять, які характеризують процеси опрацювання даних, технологічні рішення, аналітичні механізми, фіксації ролі людини та управлінські аспекти функціонування сучасних інформаційних систем та технологій.

Одним із результатів проведеного аналізу є висновки про те, що множину V-характеристик великих даних, запропонованих різними дослідженнями, можна згрупувати відповідно до їх семантичної природи: технологічна (пов'язана з інфраструктурою та обробкою), інформаційна або якісна (характеризує стан та властивості самих даних) та бізнесова (орієнтована на практичну цінність та ефект). (див. табл. 1). Оскільки різні дослідники розширювали класичну концепцію "3V" (Volume, Velocity, Variety) до 4V, 5V, 7V і навіть 10V+, семантична класифікація допомагає структурувати ці характеристики для кращого розуміння архітектури Big Data.

**Табл. 1.** Етапи розвитку та семантичне розширення моделей V-характеристик великих даних /  
Stages of development and semantic extension of V-characteristic models for Big Data

| Модель, рік, джерело                               | Базові та додані характеристики                                                                                                                          | Домінуюче змістове спрямування                                                             | Семантична зміна порівняно з попереднім етапом                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3V, 2001 [10]                                      | Volume, Velocity, Variety                                                                                                                                | Фундаментальні властивості даних                                                           | Сформовано базове уявлення про великі дані через їх обсяг, швидкість і різноманітність.                                                                                                                                                                                            |
| 4V, 2014, 2015 [7, 17]                             | Volume, Velocity, Variety, Veracity                                                                                                                      | Фундаментальні властивості даних та їх достовірність                                       | До кількісних і структурних характеристик даних додано вимогу оцінювання їх достовірності та якості, що започаткувало перехід від опису фізичних властивостей до оцінювання придатності даних для аналізу.                                                                         |
| 5V, 2015 [8]                                       | Volume, Velocity, Variety, Veracity, Value                                                                                                               | Властивості даних, їх достовірність і корисність                                           | До фізичних властивостей додано якісну характеристику та результат використання даних.                                                                                                                                                                                             |
| 7V, 2015 [5]                                       | Volume, Velocity, Variety, Veracity, Value, Variability, Visualization                                                                                   | Властивості, якість, мінливість і подання даних                                            | До властивостей даних внесено процес їх візуального подання.                                                                                                                                                                                                                       |
| 10V, 2018 [9]                                      | Розширення попередніх моделей характеристиками Validity, Volatility, Vulnerability та іншими поняттями                                                   | Якість, життєвий цикл, безпека та прикладна придатність даних                              | Здійснено перехід від опису даних до охоплення умов їх зберігання, захисту й використання.                                                                                                                                                                                         |
| Узагальнений етап 13–14V, 2022–2025 [1, 6, 12, 16] | Поряд із базовими властивостями систематизовано Validity, Variability, Visualization, Volatility, Vulnerability, Vagueness, Venue та інші характеристики | Якість і мінливість даних, безпека, життєвий цикл, середовище опрацювання та інтерпретація | Розширення V-концепції від властивостей інформаційного ресурсу до умов його опрацювання, захисту, подання й технологічного використання.                                                                                                                                           |
| 17V, 2017 [2]                                      | Поряд із базовими властивостями внесено Visualization, Variability, Value, Validity, Volatility та інші характеристики                                   | Дані, процеси опрацювання, аналітика й результати використання                             | В одному переліку поєднано властивості даних, технологічні процеси та функціональні результати.                                                                                                                                                                                    |
| 40–56V, 2023 [4, 12]                               | Venue, Vault, Veil, Visibility, Verdict, Vantage, Virtuosity, Viability, Versatility та інші                                                             | Інфраструктурні, аналітичні, людиноцентричні та управлінські аспекти                       | V-концепція фактично трансформується у багатовимірний опис інформаційно-технологічного середовища, поєднуючи характеристики даних, технологій, процесів, учасників та управління. Подальше кількісне розширення вже не супроводжується появою принципово нових семантичних класів. |

Запропонована авторами класифікація V-характеристик великих даних (табл. 2) підтверджує, що тільки перша група безпосередньо характеризує фундаментальні властивості даних. Інші групи характеристик охоплюють поняття, які описують процеси опрацювання даних, технологічну інфраструктуру, аналітичні механізми, участь фахівців та процеси управління функціонуванням інформаційних систем та технологій.

**Табл. 2.** Узагальнення підходів до класифікації V-характеристик великих даних / A review of approaches to the classification of V-characteristics of Big Data

| Група характеристик              | Приклад характеристик                                                  |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Фундаментальні властивості даних | Volume, Velocity, Variety, Variability, Veracity, Validity, Volatility |
| Процеси опрацювання інформації   | Visualization, Verification, Version Control, Voice                    |
| Технологічні компоненти          | Venue, Vault, Visibility, Veil, Varnish                                |
| Аналітичні компоненти            | Value, Verdict, Vantage, Vivify, Vaticination                          |
| Людиноцентричні компоненти       | Virtuosity, Versed, Valor, Voluntarism                                 |
| Управлінські компоненти          | Viability, Versatility, Vibrancy                                       |

Отже, у міру розвитку концепції великих даних поняття їх V-характеристики поступово втратили свою початкову семантичну однорідність. До єдиного переліку почали вносити поняття різної природи, що свідчить про поступовий перехід від опису властивостей даних до комплексного опису складних інформаційно-технологічних систем.

Запропонована класифікація V-характеристик великих даних не є вичерпною для системи V-характеристик і загалом не претендує на розширення наявних мо-

делей великих даних. Її використовують як аналітичний інструмент для узагальнення семантичної природи понять, які запропонували різні автори на різних етапах розвитку концепції.

Отримані результати дослідження дають можливість зробити важливий методологічний висновок. Еволюція V-характеристик великих даних свідчить про поступову зміну предметної області концепції великих даних, перехід від опису фундаментальних властивостей даних до охоплення технологічних, аналітичних, організаційних та управлінських компонентів сучасних інформаційно-технологічних систем. Це означає, що можливість класифікаційного підходу практично вичерпано, а його подальший розвиток потребує переходу до наступного рівня, а саме концептуального моделювання інформаційно-технологічної екосистеми.

**Межі класифікаційної парадигми та перспективи подальшого розвитку концепту великих даних.** Запропонована класифікація V-характеристик великих даних дає змогу перейти від опису встановлених закономірностей еволюції V-характеристик до оцінювання методологічних наслідків їх семантичної та функціональної диференціації. За таких умов подальше механічне розширення множини V-характеристик великих даних має обмежений пояснювальний потенціал. Введення нових характеристик сприяє деталізації окремих аспектів функціонування сучасних інформаційних систем, однак не пояснює закономірностей їх виникнення, взаємозв'язку та розвитку. Класифікаційний підхід забезпечує систематизацію понять, проте не розкриває механізмів їх формування та взаємодії.

Задля переходу від аналізу окремих V-характеристик до побудови їх узагальненої семантичної класифі-

кації було розроблено процедуру функціонально-семантичного групування понять. На відміну від наявних підходів, які переважно зосереджені на розширенні переліку V-характеристик, запропонована процедура орієнтована на виявлення їх семантичної природи, функціонального призначення та ролі у процесах роботи з великими даними.

Семантичний аналіз V-характеристик великих даних здійснювали із застосуванням якісного контент-аналізу та порівняльного аналізу наукових публікацій стосовно еволюції концепції Big Data. Основною метою аналізу було виявлення закономірностей розвитку моделей V-характеристик, встановлення змін їх семантичного змісту та побудова узагальненої авторської класифікації.

Відбір наукових джерел здійснено за такими критеріями: висвітлення розвитку концепції Big Data через V-характеристики; наявність авторських моделей або розширених переліків V-характеристик; публікація результатів у рецензованих наукових виданнях, матеріалах міжнародних конференцій або авторитетних аналітичних джерел; відсутність дублювання однакових переліків характеристик без їх концептуального розширення.

У процесі дослідження кожен V-характеристику розглядали не тільки як окремий термін, а як носій певної функціонально-семантичної ознаки. Для кожного поняття визначали його змістове навантаження, предметну область застосування та функціональну роль у процесах збирання, зберігання, опрацювання, аналізу, використання й управління великими даними.

Задля переходу від аналізу окремих V-характеристик до побудови їх узагальненої семантичної класифікації було розроблено процедуру функціонально-семантичного групування понять. На відміну від наявних підходів, які переважно обмежуються розширенням переліку V-характеристик, запропонована процедура орієнтована на виявлення їх семантичної природи, функціонального призначення та ролі у процесах роботи з великими даними.

Групування характеристик здійснювали на основі трьох взаємодоповнювальних принципів, таких як семантична спорідненість, відповідно до якої характеристики зі спільним змістовим призначенням об'єднувалися в одну групу; функціональне призначення, що враховувало роль відповідної характеристики у процесах роботи з великими даними; рівень абстракції, який дав змогу відокремити фундаментальні властивості даних від характеристик інформаційно-технологічної інфраструктури, аналітичних процесів, людиноцентричних аспектів і механізмів управління.

Послідовність формування авторської семантичної класифікації V-характеристик великих даних наведено на рис. 1. Як показано на цьому рисунку, побудова авторської класифікації здійснювалася послідовно: від відбору релевантних наукових джерел і виокремлення представлених у них V-характеристик до нормалізації термінів, визначення їх семантичної природи та функціонального групування. Застосування такої процедури дало змогу перейти від аналізу окремих характеристик до формування шести узагальнених класів, які відображають різні аспекти функціонування великих даних та інформаційно-технологічного середовища.

Застосування запропонованої процедури дало змогу сформувати авторську семантичну класифікацію V-характеристик великих даних, яка містить шість взаємо-

пов'язаних класів. Запропонована класифікація ґрунтується не на кількості V-характеристик, а на їх функціонально-семантичній природі. Це дає змогу розглядати розвиток концепції Big Data як еволюцію від опису окремих властивостей даних до концептуального моделювання цілісного інформаційно-технологічного їхнього середовища.



Рис. 1. Процедура формування авторської семантичної класифікації V-характеристик великих даних / Procedure for Forming the Authors' Semantic Classification of Big Data V-Characteristics

Проведений семантичний аналіз V-характеристик великих даних став підґрунтям для формування узагальненої класифікації V-характеристик великих даних за їх функціональним призначенням. Виділені шість класів відображають не тільки структуру сучасної множини V-характеристик, а й послідовність розвитку інформаційно-технологічної екосистеми – від фундаментальних властивостей даних до процесів їх опрацювання, технологічної інфраструктури екосистеми, аналітичного формування інформаційної цінності, діяльності людини та управління розвитком системи. Саме ця класифікація V-характеристик великих даних є основою подальшого аналізу характеристик кожного класу.

Клас 1. *Фундаментальні властивості даних*. Перший клас об'єднує фундаментальні властивості даних, які визначають їх природу незалежно від предметної області, способу зберігання чи використання. Саме ці характеристики описують об'єктивні особливості інформаційного ресурсу, що виникають у процесі генерування, накопичення, передавання та оновлення даних і визначають складність їх подальшого опрацювання.

До цього класу належать Volume, Velocity, Variety, Variability, Veracity, Validity та Volatility, які характеризують відповідно обсяг даних, швидкість їх надходження, різноманітність форматів, мінливість структури, достовірність, відповідність встановленим вимогам та особливості життєвого циклу. На відміну від інших V-характеристик великих даних, вони безпосередньо описують самі дані, а не технології, процеси чи результати їх використання.

Фундаментальні властивості даних визначають вигоди до побудови систем зберігання, передавання, інтеграції, захисту та аналітичного опрацювання інформації. Зокрема, збільшення Volume потребує використання розподілених сховищ і паралельного опрацювання; зростання Velocity зумовлює застосування потокових технологій та систем реального часу; Variety вимагає використання гетерогенних моделей даних і засобів інтеграції; Veracity та Validity визначають необхідність забезпечення якості даних і механізмів їх верифікації;

Volatility впливає на політики керування життєвим циклом інформації.

Фундаментальні властивості даних є первинними чинниками, що визначають архітектуру сучасних систем роботи з даними та формують вимоги до технологій їх зберігання, опрацювання, аналізу й використання. Саме вони започатковують причинно-наслідковий ланцюг розвитку сучасних інформаційних технологій, тоді як наступні класи відображають компоненти, що виникають як відповідь на необхідність ефективного опрацювання даних із заданими властивостями.

Саме фундаментальні властивості даних, на відміну від усіх наступних класів, мають первинний характер, оскільки не залежать від конкретних технологій чи архітектурних рішень, а визначають об'єктивні вимоги до їх побудови.

Клас 2. *Характеристики процесів опрацювання даних.* Другий клас об'єднує характеристики, що описують процеси опрацювання даних, необхідні для їх перетворення на інформаційний ресурс, придатний для подальшого аналізу, інтерпретації та використання. Якщо перший клас характеризує самі дані як інформаційний ресурс, то другий відображає сукупність процесів, які забезпечують зміну їх функціонального стану. Саме на цьому рівні первинні дані проходять етапи підготовки до використання.

До цього класу належать Visualization, Version Control, Verification (Vet) та Voice. Вони характеризують різні аспекти процесу опрацювання даних: візуальне подання результатів аналізу, керування версіями інформаційних ресурсів, перевірку достовірності та узгодженості даних, а також забезпечення їх ефективної взаємодії з користувачем за допомогою сучасних комунікаційних інтерфейсів.

На відміну від фундаментальних властивостей даних, характеристики цього класу не описують сам інформаційний ресурс, а визначають технологічні процеси, необхідні для його підготовки до використання. Їх поява є закономірною відповіддю на ускладнення фундаментальних властивостей даних. Зростання обсягу (Volume), швидкості надходження (Velocity) та різноманітності (Variety) даних зумовлює необхідність автоматизації процесів їх перевірки, керування версіями, візуального подання та організації взаємодії з користувачем. Характеристики другого класу є похідними від фундаментальних властивостей даних і відображають технологічні механізми їх практичного опрацювання.

Саме на цьому рівні реалізується перший етап створення інформаційної цінності. Дані перестають бути тільки сукупністю фактів і проходять процес структуризації, перевірки, інтерпретації та подання, що робить можливим їх подальше аналітичне оброблення та використання. Процеси опрацювання забезпечують підготовку інформації до подальшого технологічного й аналітичного використання.

Клас 3. *Характеристики інформаційно-технологічної інфраструктури* систем роботи з великими даними. Третій клас об'єднує характеристики, що описують інформаційно-технологічну інфраструктуру сучасних систем роботи з даними. Якщо попередній клас визначає процеси, необхідні для підготовки та опрацювання інформаційного ресурсу, то цей клас характеризує технологічні компоненти, які забезпечують практичну реалізацію цих процесів. Саме на цьому рівні виникають

архітектурні рішення, що створюють середовище функціонування сучасних інформаційних систем.

До цього класу належать Venue, Vault, Varnish, Visibility та Veil, які характеризують відповідно середовище функціонування інформаційних сервісів, сховища даних, механізми кешування й оптимізації доступу, засоби моніторингу та спостережуваності, а також технології забезпечення інформаційної безпеки й конфіденційності.

На відміну від характеристик попередніх класів, ці поняття характеризують середовище, у якому ці процеси виконуються. Їх поява є закономірним наслідком зростання складності процесів роботи з великими даними. Масштабування обсягів інформації, підвищення швидкості її надходження, збільшення різноманітності форматів і необхідність забезпечення достовірності потребують створення спеціалізованої інформаційно-технологічної інфраструктури систем роботи з великими даними, здатної забезпечити надійне зберігання, високопродуктивне опрацювання, масштабованість, відмовостійкість та безпечний доступ до даних.

Інформаційно-технологічна інфраструктура систем роботи з великими даними виконує роль середовища, у якому реалізуються всі процеси життєвого циклу даних. Саме вона забезпечує інтеграцію обчислювальних ресурсів, сховищ, мережних сервісів, механізмів моніторингу та засобів захисту інформації в єдину систему, здатну підтримувати ефективне функціонування сучасних інформаційних платформ.

Характеристики третього класу є закономірним розвитком процесів опрацювання даних. Якщо другий клас визначає що саме необхідно виконати для перетворення даних на інформацію, то третій пояснює за допомогою яких технологічних компонентів ці процеси можуть бути реалізовані. Саме інформаційно-технологічна інфраструктура систем роботи з великими даними створює умови для переходу від технологічного забезпечення процесів до формування інформаційної цінності на основі аналітичного опрацювання даних. Отже, інформаційно-технологічна інфраструктура систем роботи з великими даними забезпечує середовище, у якому фундаментальні властивості даних можуть бути реалізовані через процеси їх опрацювання, зберігання та аналітичного використання.

Клас 4. *Характеристики аналітичного опрацювання.* Четвертий клас об'єднує характеристики, що описують процеси аналітичного опрацювання інформації та формування нових знань, висновків, прогнозів і рекомендацій. Якщо попередній клас визначає інформаційно-технологічну інфраструктуру, яка забезпечує виконання процесів роботи з даними, то цей клас характеризує результати інтелектуального опрацювання інформації, завдяки яким створюється її практична цінність.

До цього класу належать Value, Verdict, Vantage, Vivify та Vaticination, що характеризують відповідно формування інформаційної цінності, отримання аналітичних висновків, підтримку вибору оптимальних альтернатив, створення нових знань і прогнозування розвитку подій. Усі ці характеристики безпосередньо пов'язані з перетворенням інформації на знання, здатні підтримувати обґрунтоване прийняття рішень.

Характеристики аналітичного опрацювання великих даних характеризують етап перетворення інформації на нове знання. На цьому рівні результати аналізу набува-

ють нової функціональної спроможності, забезпечують встановлення закономірностей, формування висновків, прогнозування розвитку подій та створення інформаційної цінності, необхідної для підтримки прийняття рішень. Саме на цьому рівні виявляються приховані закономірності, причинно-наслідкові зв'язки, тенденції та залежності, що не можуть бути отримані без застосування методів аналізу, моделювання, машинного навчання чи штучного інтелекту.

Поява характеристик цього класу є закономірним наслідком розвитку інформаційно-технологічної інфраструктури систем роботи з великими даними. Потужні засоби зберігання, інтеграції та опрацювання даних створюють передумови для застосування складних аналітичних методів, метою яких є опрацювання інформації, а також формування нової інформаційної цінності. Саме на цьому етапі дані та інформація набувають нової функціональної спроможності – підтримувати розуміння досліджуваних процесів, прогнозувати їх розвиток і обґрунтовувати вибір управлінських рішень.

Отже, характеристики четвертого класу відображають якісно новий рівень розвитку систем роботи з даними. Якщо попередні класи забезпечують можливість накопичення, опрацювання та технологічної підтримки інформаційних ресурсів, то аналітичне опрацювання великих даних створює нову інформаційну цінність, яка формується внаслідок встановлення закономірностей, генерування нових знань і підготовки обґрунтованих рекомендацій. Саме ця інформаційна цінність стає основою діяльності людини як суб'єкта прийняття рішень. Вона виникає тільки у процесі аналітичного опрацювання, встановлюються закономірності й створюються підстави для прийняття обґрунтованих рішень.

Клас 5. *Людиноцентричні та рольові характеристики*. П'ятий клас об'єднує характеристики, що відображають роль людини у процесах аналізу, інтерпретації та використання результатів опрацювання великих даних. Якщо попередній клас характеризує формування інформаційної цінності внаслідок аналітичного опрацювання, то цей клас визначає особливості її сприйняття, осмислення та практичного використання людиною. Саме на цьому рівні результати аналітики набувають практичного змісту й трансформуються в основу для прийняття рішень.

До цього класу належать *Virtuosity*, *Versed*, *Valor* та *Voluntarism*, які характеризують професійну компетентність, знання й досвід, відповідальність під час прийняття рішень, а також здатність до ініціювання змін і реалізації управлінських дій. Якщо попередні класи характеризують дані, процеси, інформаційно-технологічну інфраструктуру та результати аналітичного опрацювання, то людиноцентричні характеристики зосереджені на ролі людини у сприйнятті, інтерпретації та практичному використанні отриманих результатів. Саме вони визначають рівень ефективності реалізації інформаційної цінності у процесі прийняття рішень. Поява цього класу є закономірним наслідком розвитку аналітичних компонентів інформаційно-технологічної екосистеми. Незалежно від рівня розвитку алгоритмів аналізу даних, машинного навчання чи штучного інтелекту, остаточна оцінка результатів, їх інтерпретація та прийняття управлінських рішень залишаються пов'язаними з діяльністю людини. Саме професійна компетентність, предметні знання, критичне мислення та відповідаль-

ність визначають, наскільки ефективно інформаційну цінність буде використано для вирішення практичних завдань.

Особливістю цього класу є те, що він поєднує технологічні результати з людським досвідом. Інформаційна цінність, сформована на попередньому етапі, сама собою не змінює стан досліджуваної системи. Тільки її усвідомлення, інтерпретація та використання людиною забезпечують перехід від знань до обґрунтованих дій. Отже, людина виступає не пасивним споживачем результатів аналізу, а активним суб'єктом, який інтегрує аналітичні висновки з професійними знаннями, досвідом, контекстом предметної області та стратегічними цілями.

Людиноцентричні характеристики відображають якісно новий етап розвитку інформаційно-технологічної екосистеми, на якому результати аналітичного опрацювання перетворюються на обґрунтовані рішення та практичні дії. Якщо попередній клас забезпечує формування інформаційної цінності, то п'ятий визначає механізми її реалізації в діяльності людини. Саме необхідність координації прийняття рішень, узгодження інтересів різних учасників та забезпечення довготривалого функціонування системи закономірно зумовлює виникнення наступного класу – характеристик управління розвитком інформаційно-технологічної екосистеми. Отже, інформаційна цінність є необхідною, але недостатньою умовою розвитку інформаційно-технологічної екосистеми. Вона створює інформаційну основу для прийняття рішень, однак практичного значення набуває тільки у процесі її інтерпретації та використання людиною. Саме людина, інтегруючи результати аналітичного опрацювання з професійними знаннями, досвідом, цінностями та розумінням предметної області, перетворює інформаційну цінність на конкретні управлінські рішення і практичні дії. Отже, людиноцентричний компонент є не завершальним елементом технологічного процесу, а ключовою ланкою, що забезпечує перехід від інформаційної цінності до реальних змін у функціонуванні досліджуваної системи.

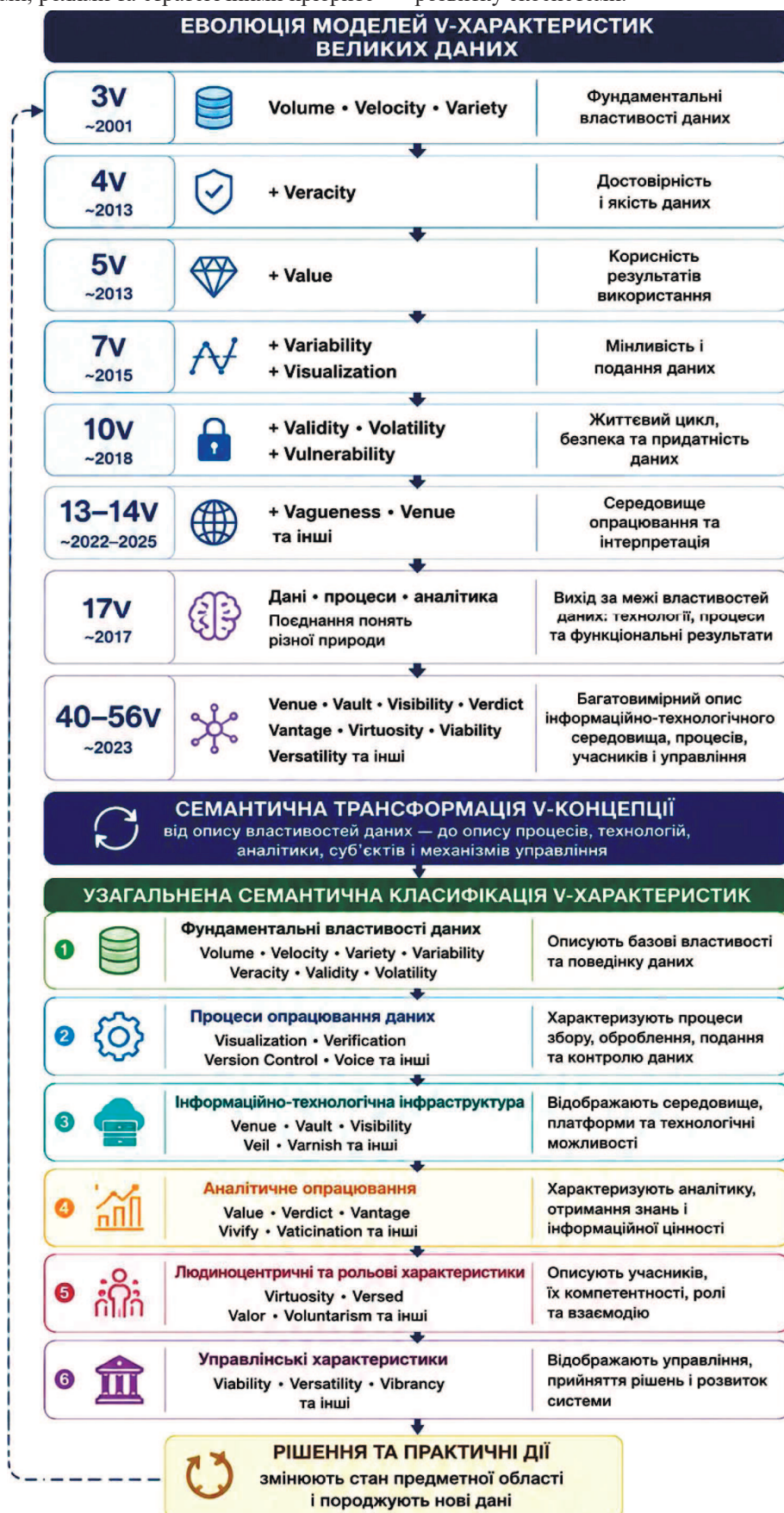
Клас 6. *Управлінські характеристики*. Шостий клас об'єднує характеристики, пов'язані з управлінням, адаптивністю, життєздатністю та сталим розвитком інформаційно-технологічної екосистеми. Якщо попередній клас відображає роль людини у сприйнятті інформаційної цінності, прийнятті рішень і здійсненні практичних дій, то управлінський клас визначає механізми координації цих дій, узгодження інтересів учасників, розподілу ресурсів і спрямування розвитку екосистеми відповідно до стратегічних цілей.

До цього класу належать *Viability*, *Versatility* та *Vibrancy*, які характеризують відповідно життєздатність екосистеми, її здатність адаптуватися до змін і підтримувати активний розвиток. *Viability* відображає спроможність екосистеми зберігати основні функції, забезпечувати безперервність процесів і досягати визначених цілей за умов ресурсних, технологічних або зовнішніх обмежень. *Versatility* характеризує гнучкість системи, можливість перебудови її процесів, компонентів і способів взаємодії відповідно до нових вимог, змін предметної області та потреб користувачів. *Vibrancy* відображає динамічність екосистеми, її здатність до оновлення, розвитку, освоєння нових технологій та формування нових функціональних можливостей.

Поява управлінських характеристик у великих даних є закономірним наслідком переходу від аналітич-

них результатів до практичної діяльності. Окреме рішення, навіть обґрунтоване якісними даними й аналітичними висновками, не забезпечує сталого розвитку системи без його узгодження з іншими рішеннями, ресурсами, правилами, ролями та стратегічними пріоритетами.

Тому на управлінському рівні результати діяльності людини інтегруються в цілісну систему організаційних механізмів, політик і процедур їх дотримання, які визначають напрями функціонування та подальшого розвитку екосистеми.



**Рис. 2.** Еволюція моделей V-характеристик великих даних та їх семантична класифікація / Evolution of Big Data V-Characteristic Models and Their Semantic Classification

На відміну від людиноцентричного класу, у якому основна увага зосереджується на компетентності, відповідальності та здатності окремого суб'єкта приймати рішення, управлінський клас описує колективний і системний рівні реалізації цих рішень. Його функція полягає у забезпеченні поточної діяльності, підтриманні балансу між стабільністю та розвитком, збереженням наявних можливостей і впровадженні інновацій, узгодженні локальних потреб окремих учасників зі стратегічними цілями інформаційно-технологічної екосистеми. Саме управління забезпечує зворотний зв'язок між результатами практичної діяльності та попередніми рівнями екосистеми. Реалізовані рішення змінюють стан предметної області, процеси взаємодії, вимоги користувачів і параметри функціонування системи. Ці зміни фіксуються у вигляді нових даних, які знову проходять етапи опрацювання, технологічного забезпечення, аналітичного осмислення та використання людиною. Отже, управлінський клас характеристик завершує послідовність функціональних перетворень, замикає її в новий цикл розвитку.

Якщо людиноцентричний рівень забезпечує перетворення інформаційної цінності на рішення і практичні дії, то управлінський рівень координує ці дії, оцінює їх наслідки та спрямовує подальший розвиток інформаційно-технологічної екосистеми. Саме внаслідок реалізації управлінських рішень виникають нові стани системи та нові дані, які започатковують наступний цикл формування інформаційної цінності. Шостий клас завершує логіку функціонування інформаційно-технологічної екосистеми, забезпечуючи її адаптивність, життєздатність та здатність до подальшого розвитку за умов безперервної зміни даних, технологій і потреб користувачів.

Проведена авторами класифікація V-характеристик великих даних дала змогу виявити важливу закономірність розвитку їхньої концепції (рис. 2). Якщо на початковому етапі V-характеристики використовувалися переважно для опису фундаментальних властивостей даних, то в процесі подальшої еволюції до їх складу почали вносити поняття, що характеризують процеси опрацювання даних, інформаційно-технологічну інфраструктуру, аналітичні механізми, рольові та людиноцентричні чинники, а також управлінські аспекти функціонування складних інформаційних систем. Це свідчить про поступове розширення предметної області великих даних від опису власне даних до охоплення ширшого кола процесів, технологічних компонентів, суб'єктів і механізмів управління інформаційним середовищем.

Аналіз показав, що виокремлені класи не є ізольованими групами понять, а відображають послідовність функціональних переходів. Фундаментальні властивості даних формують вимоги до процесів їх опрацювання; реалізація цих процесів зумовлює необхідність відповідної інформаційно-технологічної інфраструктури систем роботи з великими даними; інфраструктура створює умови для аналітичного опрацювання та формування інформаційної їхньої цінності; результати аналітики використовує людина для прийняття управлінських рішень і здійснення практичних дій; управлінські механізми забезпечують координацію цих дій, адаптацію та подальший розвиток системи.

Еволюція V-характеристик концепту великих даних відображає кількісне розширення їх переліку та поступове формування причинно-наслідкового ланцюга: *вла-*

*стивості даних → процеси опрацювання → інформаційно-технологічна інфраструктура → аналітичне опрацювання → людина та ролі → управління*. Реалізація управлінських рішень змінює стан предметної області та спричиняє появу нових даних, які започатковують наступний цикл опрацювання. Це дає підстави розглядати сучасні розширені V-моделі великих даних вже як класифікацію їх властивостей, а також як передумову концептуального моделювання цілісного інформаційно-технологічного середовища.

**Практичне застосування запропонованої класифікації.** Запропоновану семантичну класифікацію V-характеристик можна використати як методологічну основу під час проєктування сучасних інформаційних систем і технологій, орієнтованих на опрацювання великих даних. На відміну від традиційного використання окремих характеристик (Volume, Velocity, Variety тощо), авторська класифікація дає змогу системно визначати функціональні вимоги до інформаційної системи залежно від семантичної природи виявлених характеристик.

Зокрема, фундаментальні властивості даних визначають вимоги до масштабованості інформаційної системи, її продуктивності та організації зберігання інформації. Характеристики процесів опрацювання формують вимоги до потокового опрацювання, інтеграції та аналітичного оброблення даних. Характеристики інформаційно-технологічної інфраструктури обґрунтовують вибір архітектурних рішень щодо використання розподілених платформ, хмарних сервісів і засобів інтеграції. Аналітичні характеристики визначають вибір методів інтелектуального аналізу даних, прогнозування та підтримки прийняття рішень. Людиноцентричні характеристики забезпечують формування вимог до організації взаємодії користувачів, інтелектуальних агентів і великих мовних моделей, а управлінські характеристики – до механізмів моніторингу, адаптації, масштабування та еволюційного розвитку інформаційної системи.

Отже, запропоновану семантичну класифікацію можна використовувати як методологічну основу для формування функціональних вимог, вибору архітектурних рішень і проєктування сучасних інформаційних систем та інформаційно-технологічних платформ, орієнтованих на опрацювання великих даних. Тому, запропонована класифікація забезпечує послідовний перехід від аналізу властивостей великих даних до формування функціональних вимог, вибору компонентів інформаційної системи, побудови її архітектури та реалізації інформаційно-технологічної платформи.

Практичну цінність запропонованої класифікації підтверджує також її використання як методологічної основи в подальших дослідженнях авторів стосовно формування функціональних вимог, побудови компонентної конфігурації та проєктування інформаційно-технологічних платформ для опрацювання великих даних. У зазначених роботах виділені класи V-характеристик великих даних використовують як вихідну основу для трансформації властивостей даних у функціональні вимоги, вибору архітектурних рішень, формування інформаційних сервісів і побудови цілісної інформаційно-технологічної платформи. Це підтверджує, що запропонована семантична класифікація має не тільки теоретичне значення, а й може бути безпосередньо застосована під час проєктування сучасних інформаційних систем і технологій.

**Обговорення результатів дослідження.** Проведений аналіз класифікаційних підходів до опрацювання великих даних показав, що виділені класи не є вичерпною класифікацією множини V-характеристик великих даних і не є єдиною можливим варіантом створення уніфікованої системи їх групування. Базовим їх призначенням є узагальнення семантичної природи понять (концептів), які запропонували різні автори на різних етапах розвитку концепту великих даних. Саме тому виділені класи потрібно розглядати як результат методологічного узагальнення наявних підходів, а не як альтернативну класифікацію моделей 3V-42V.

Отримані результати свідчать, що подальше розширення множини V-характеристик великих даних супроводжується поступовим переходом від опису властивостей даних до опису технологічних, аналітичних, людиноцентричних і управлінських компонентів сучасних інформаційних систем. Це означає, що класифікаційний підхід поступово досягає межі своїх методологічних можливостей. Логічним висновком проведеного дослідження є спрямування подальшого розвитку наукових досліджень на розроблення концептуальних моделей, здатних пояснити взаємозв'язки між різними класами характеристик, закономірності їх еволюції та механізми функціонування сучасних систем роботи з даними. Аналіз наукових публікацій свідчить, що кожен наступний етап розвитку моделей 3V, 5V, 7V, 10V, 17V та сучасних розширених моделей супроводжувався не тільки введенням нових характеристик, а й поступовою зміною їх семантичної природи. Якщо початкові моделі великих даних були орієнтовані винятково на опис властивостей даних [10], то сучасні їхні моделі охоплюють технологічні процеси, інфраструктурні компоненти, результати аналітичного опрацювання [9], рольові людиноцентричні чинники та управлінські аспекти [4]. Проведене авторами дослідження показало, що розвиток концепту великих даних істотно відрізняється від традиційного уявлення про еволюцію V-характеристик великих даних як послідовного розширення їх кількості.

Отримані результати частково узгоджуються з висновками Сагіроглу та Сінанк [13], які одними з перших узагальнили основні виклики розвитку концепту великих даних та показали, що стрімке зростання обсягів, швидкості й різноманітності даних зумовлює появу нових технологій їх зберігання та опрацювання. Водночас, у зазначеній роботі основну увагу приділено технологічним аспектам розвитку великих даних, тоді як еволюцію змісту їх V-характеристик не проаналізовано.

Результати проведеного дослідження також узгоджуються з висновками Чень, Мао та Лю [3], які систематизували сучасні технології великих даних, архітектурні рішення, методи аналітики та напрями практичного застосування великих даних. На відміну від цієї роботи, у нашому дослідженні основну увагу зосереджено не на аналізі технологій, а на дослідженні закономірностей розвитку концепції V-характеристик великих даних і зміні їх семантичної природи.

Порівняння з результатами Сівараджа та ін. [15] показує, що автори детально дослідили життєвий цикл аналітики великих даних, охопивши процеси збирання, підготовки, аналізу та використання інформації. Наші результати не суперечать цьому підходу, однак доповнюють його, демонструючи, що поступове внесення до V-характеристик великих даних понять, пов'язаних із

процесами опрацювання та аналітики, є наслідком еволюції самого концепту великих даних.

У роботі [11] наведено архітектуру програмного забезпечення для семантично свідомих систем великих даних. Автори стверджують, що великі гравці у сфері великих даних, такі як Google або Amazon, розробили великі системи великих даних, які узгоджують їхні бізнес-цілі зі складним управлінням та аналізом даних. Ці компанії є прикладом зміни парадигми, що настає, у бік організацій, керованих даними, де дані перетворюються на цінні знання, що стають ключовим активом для їхнього бізнесу. Незважаючи на притаманну складність цих систем, методи програмної інженерії досі не отримали широкого застосування в їх побудові. Натомість вони зараз розробляються як спеціальні, складні архітектурні рішення, що поєднують кілька програмних компонентів (зазвичай з проєктів з відкритим кодом) відповідно до системних вимог.

Аналогічні тенденції простежуються і в роботі Дасарі та Калурі [4], де систематизовано сучасні моделі V-характеристик великих даних, технології інтелектуального аналізу великих даних та інструменти їх опрацювання. Автори показують істотне розширення множини V-характеристик, однак розглядають їх переважно як сукупність окремих понять. На відміну від цього підходу, у проведеному дослідженні встановлено, що розширення множини V-характеристик великих даних супроводжується зміною їх семантичної природи та функціонального призначення, що дало можливість запропонувати їх узагальнену класифікацію.

У проаналізованих дослідженнях основну увагу приділено розширенню переліку V-характеристик великих даних, розвитку технологій або сфер застосування великих даних, у цій роботі акцент зроблено на виявленні закономірностей еволюції самого концепту великих даних. Встановлена закономірність дає змогу стверджувати, що сучасний етап розвитку концепції великих даних характерний розширенням її предметної області. V-моделі великих даних дедалі повніше відображають структуру та функціонування інформаційно-технологічних систем, охоплюючи процеси опрацювання даних, інформаційно-технологічну інфраструктуру, аналітичні, людиноцентричні та управлінські компоненти. Це пояснює методологічні межі подальшого розвитку класифікаційної парадигми та обґрунтовує доцільність переходу до концептуального моделювання сучасних систем роботи з даними.

Отже, внаслідок виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

*Наукова новизна отриманих результатів дослідження* – удосконалено семантичну концепцію еволюції V-характеристик концепту Big Data, яка, на відміну від наявних класифікаційних підходів, пояснює закономірності розширення предметної області концепту великих даних шляхом класифікації V-характеристик великих даних за їх семантичною природою, встановлення функціональних взаємозв'язків між виділеними класами та обґрунтування методологічних меж класифікаційної парадигми, що створює теоретичне підґрунтя для переходу до концептуального моделювання сучасних інформаційно-технологічних систем роботи з даними.

*Практична значущість результатів дослідження* – можна використати для методологічного супроводу

досліджень, проектування та розвитку сучасних інформаційно-технологічних систем роботи з даними, оскільки запропонована семантична концепція еволюції V-характеристик великих даних забезпечує науково обгрунтовану систематизацію функціональних компонентів таких систем, підтримує структуризацію вимог до їх архітектури, можна застосовувати під час розроблення освітніх програм і навчально-методичного забезпечення за напрямками "Наука про дані" та "Великі дані", а також створює методологічне підґрунтя для побудови концептуальних моделей інформаційно-технологічних систем і екосистем роботи з даними.

## Висновки / Conclusions

Досліджено еволюцію V-характеристик великих даних від класифікації властивостей до концептуального переосмислення сучасних інформаційно-технологічних систем, що дало можливість систематизувати основні напрями їх розвитку, встановити закономірності зміни семантичної природи моделей їх V-характеристик та визначити методологічні обмеження подальшого розвитку класифікаційної парадигми концепту "великі дані". За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Проаналізовано еволюцію концепту великих даних та основних моделей V-характеристик великих даних від класичної моделі 3V до сучасних розширених моделей, що охоплюють понад 40 характеристик. Встановлено, що розвиток концепції великих даних відбувався не тільки шляхом збільшення кількості V-характеристик великих даних, а й супроводжувався поступовим розширенням їх змісту, семантичної природи та функціонального призначення, що відображає еволюцію наукових уявлень про великі дані та їх роль у побудові сучасних інформаційних систем.
2. Проведено семантичний аналіз моделей V-характеристик великих даних та встановлено закономірності їх еволюції, що проявляється у послідовному розширенні складу концепції від фундаментальних властивостей даних до характеристик процесів їх опрацювання, інформаційно-технологічної інфраструктури систем роботи з великими даними, аналітичного формування інформаційної цінності, людиноцентричних та управлінських компонентів.
3. Узагальнено підходи до класифікації V-характеристик великих даних та запропоновано їх класифікацію за семантичною природою. На відміну від наявних підходів, запропонована класифікація V-характеристик систематизує не окремі характеристики, а функціональні групи понять, сформованих у процесі розвитку концепту великих даних. Встановлено, що виділені класи утворюють логічно взаємопов'язану послідовність, у якій фундаментальні властивості даних визначають вимоги до процесів їх опрацювання, процеси опрацювання зумовлюють розвиток інформаційно-технологічної інфраструктури систем роботи з великими даними, інфраструктура забезпечує аналітичне формування інформаційної цінності, інформаційну цінність реалізує людина у процесі прийняття рішень, а управління координує ці рішення та забезпечує розвиток інформаційно-технологічної системи.
4. Обгрунтовано методологічні основи класифікаційної парадигми розвитку V-характеристик великих даних. Встановлено, що подальше механічне розширення множини V-характеристик не забезпечує формування принципово нового наукового знання, оскільки призводить до поєднання в межах єдиної класифікації понять різної семантичної природи. Доведено, що перспективним напрямом розвитку є перехід від класифікаційного

опису великих даних до концептуального моделювання, яке дає змогу пояснювати причинно-наслідкові взаємозв'язки між фундаментальними властивостями даних, процесами їх опрацювання, інформаційно-технологічною інфраструктурою, формуванням інформаційної цінності, діяльністю людини та механізмами управління. Такий підхід створює теоретичне підґрунтя для побудови пояснювальних моделей інформаційно-технологічних екосистем і визначає перспективний напрям подальших досліджень.

**Заява про використання інструментів штучного інтелекту.** Під час підготовки цього рукопису автори застосовували інструменти штучного інтелекту та програмне забезпечення для оброблення природної мови (ChatGPT, Grammarly та Copilot) винятково задля граматичного редагування, коригування орфографії та стилістичної адаптації складних синтаксичних конструкцій. Автори здійснювали критичний аналіз і подальше редагування згенерованого тексту та несуть повну відповідальність за достовірність, науковий зміст і остаточну редакцію публікації

## References

1. Abdalla, H. B. (2022). A brief survey on Big Data: Technologies, terminologies and data-intensive applications. *Journal of Big Data*, 9, article number 107. <https://doi.org/10.1186/s40537-022-00659-3>
2. Arockia, P. S., Vamekha, S. S., & Veneshia, K. A. (2017). The 17 Vs of Big Data. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(9). URL: <https://IRJET-V4I957.pdf>
3. Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big Data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171–209. <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>
4. Dasari, S., & Kaluri, R. (2023). Big Data analytics, processing models, taxonomy of tools, Vs, and challenges: State-of-art review and future implications. *Wireless Communications and Mobile Computing*, article ID 3976302, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2023/3976302>
5. González García, C., & Álvarez-Fernández, E. (2022). What Is (Not) Big Data Based on Its 7Vs Challenges: A Survey. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(4), article number 158. <https://doi.org/10.3390/bdcc6040158>
6. Han, X., Gstrein, O. J., & Andrikopoulos, V. (2024). When we talk about Big Data, what do we really mean? Toward a more precise definition of Big Data. *Frontiers in Big Data*, 7, article ID 1441869. <https://doi.org/10.3389/fdata.2024.1441869>
7. Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Khan, S. U. (2015). The rise of "Big Data" on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, 47, 98–115. <https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006>
8. Ishwarappa, & Anuradha, J. (2015). A brief introduction on Big Data 5Vs characteristics and Hadoop technology. *Procedia Computer Science*, 48, 319–324. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.188>
9. Khan, N., Alsaqer, M., Shah, H., Badsha, G., Abbasi, A. A., & Salehian, S. (2018). The 10 Vs, issues and challenges of Big Data. In *Proceedings of the 2018 International Conference on Big Data and Education (ICBDE 2018)* (pp. 52–56). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3206157.3206166>
10. Laney, D. (2001). *3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety*. META Group. URL: <https://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>
11. Nadal, S., Herrero, V., Romero, O., Abelló, A., Franch, X., Vansummeren, S., & Valerio, D. (2017, October). A software reference architecture for semantic-aware Big Data systems. *Information and Software Technology*, vol. 90, 75–92. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.06.001>
12. Raza, M. A., Kayani, H. U. R., Awan, M. G. Z., Gul, M., Suleman, A., & Aslam, M. T. (2023). Review: Big Data Vs Models,

- Challenges, Hadoop Ecosystem, Issues, Uses, Benefits and Applications. *Pakistan Journal of Scientific Research*, 3(1), 47–60. <https://doi.org/10.57041/vol3iss1pp47-60>
13. Sagioglu, S., & Sinanc, D. (2013). Big Data: A review. In *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)* (pp. 42–47). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CTS.2013.6567202>
  14. Shahnawaz, M., & Kumar, M. (2025). A comprehensive survey on Big Data analytics: Characteristics, tools and techniques. *ACM Computing Surveys*, 57(8), article number 196, 1–33. <https://doi.org/10.1145/3718364>
  15. Sivarajah, U., Kamal, M. M., Irani, Z., & Weerakkody, V. (2017). Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods. *Journal of Business Research*, 70, 263–286. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.001>
  16. Tosi, D., Kokaj, R., & Rocchetti, M. (2024). 15 years of Big Data: A systematic literature review. *Journal of Big Data*, 11, article number 73. <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00914-9>
  17. Vossen, G. (2014). Big Data as the new enabler in business and other intelligence. *Vietnam Journal of Computer Science*, 1(1), 3–14. <https://doi.org/10.1007/s40595-013-0001-6>

**N. E. Kunanets<sup>1</sup>, V. V. Pasichnyk<sup>1</sup>, V. I. Kut<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

<sup>2</sup> Uzhgorod State University, Uzhgorod, Ukraine

## EVOLUTION OF BIG DATA V-CHARACTERISTICS: FROM PROPERTY CLASSIFICATION TO CONCEPTUAL REINTERPRETATION

The study investigates the evolution of scientific perspectives on Big Data characteristics by analyzing their development from the classical 3V model to contemporary extended models comprising more than forty characteristics. The increasing number of V-characteristics has significantly expanded the conceptual scope of Big Data, yet it has also led to considerable ambiguity regarding their semantic meaning and functional role. A systematic review of foundational and recent studies on the evolution of the Big Data concept was conducted using historical-logical, comparative, semantic, and content analysis methods. Unlike existing studies, the proposed approach focuses not only on the quantitative expansion of V-characteristics but also on the qualitative transformation of their semantic content and functional role throughout the evolution of the Big Data paradigm. The findings demonstrate that the development of the Big Data concept has been accompanied by a gradual shift from describing the fundamental properties of data toward incorporating characteristics related to data processing, technological infrastructure, analytical mechanisms, human-centered factors, and managerial aspects of modern information systems. It is shown that contemporary V-models integrate concepts of different semantic nature, causing the category of V-characteristics to lose its original conceptual homogeneity and cease to represent only intrinsic data properties. This transformation reflects the gradual expansion of the conceptual boundaries of Big Data beyond data description toward a broader representation of data-driven systems. A generalized semantic classification of V-characteristics is proposed, which systematizes the concepts introduced at different stages of the evolution of the Big Data paradigm and distinguishes six functional groups: fundamental data properties, data processing characteristics, technological infrastructure, analytical characteristics, human-centered characteristics, and governance characteristics. Unlike existing approaches, the proposed classification is aimed not at extending the list of V-characteristics but at identifying common semantic patterns and functional relationships that emerged during the evolution of the concept. The study further demonstrates that the continued mechanical expansion of V-characteristics has limited methodological potential because it combines concepts belonging to different semantic categories within a single classification framework. It is argued that the classificatory paradigm has approached its methodological limits and no longer provides sufficient explanatory capability for understanding the evolution of modern data-driven technologies. The obtained results justify the necessity of moving beyond a purely classificatory description toward a conceptual interpretation of modern data-driven systems. This transition provides a methodological foundation for developing explanatory conceptual models capable of describing the relationships between data properties, technological components, analytical processes, and managerial mechanisms within contemporary information systems and Data Science.

**Keywords:** semantic analysis of Big Data V-characteristics; functional purpose of models of Big Data V-characteristics; information systems; Data Science; research methodology; information value of data; conceptual models of Big Data processing systems.