



Прийнято 17.12.2025. Прорецензовано 23.12.2025. Опубліковано 29.12.2025.

УДК 004.65

DOI: 10.31471/1993-9981-2025-2(55)-22-31

ТЕХНОЛОГІЯ BIG DATA В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСАХ

Демчина М. М.

Кандидат технічних наук, доцент

Університет Короля Данила

76018, вул. Коновальця, 35, м. Івано-Франківськ, Україна

<https://orcid.org/0009-0002-9161-4843>

e-mail: mykolademchyna@gmail.com

Анотація. У статті розглянуто особливості обробки та зберігання даних в сучасних інформаційно-вимірювальних комплексах, що функціонують в умовах зростання обсягів вимірювальної інформації та підвищених вимог до швидкодії і надійності. Проаналізовано основні вимоги до даних інформаційно-вимірювальних комплексів, зокрема щодо обсягу, швидкості надходження, структурної різноманітності та достовірності вимірювальної інформації. Наведено класифікацію інформаційно-вимірювальних комплексів за призначенням та визначено характерні типи даних для кожного класу. Розглянуто основні моделі даних, що застосовуються в технологіях Big Data, та обґрунтовано доцільність їх використання в інформаційно-вимірювальних комплексах залежно від специфіки вимірювальних процесів. Показано, що використання гнучких і масштабованих моделей даних забезпечує ефективну інтеграцію, аналіз і довготривале зберігання великих масивів вимірювальної інформації. Особлива увага приділяється можливості порівняння отриманих даних з додатковими джерелами інформації, включаючи дані з Інтернету, що дозволяє підвищити точність аналізу та прогнозування. Також розглядаються приклади практичного застосування моделей даних у контрольно-вимірювальних, діагностичних, моніторингових та керуючих комплексах, що демонструє їх ефективність у різних прикладних задачах. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та модернізації інформаційно-вимірювальних комплексів з підвищеними вимогами до продуктивності та аналітичних можливостей.

Ключові слова: технологія Big Data, інформаційно-вимірювальний комплекс, набір даних, модель, аналіз, потік інформації.

Вступ

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням обсягів даних, що генеруються інформаційно-вимірювальними комплексами в різних галузях науки та промисло-

вості [1]. Вимірювальні системи, інтегровані з датчиками, автоматизованими засобами збору інформації, IoT-пристроями та промисловими мережами, формують великі масиви різноманітних даних у режимі реального часу. Традиційні підходи до оброб-

Запропоноване посилання: Демчина, М. М. (2025). Технологія Big Data в інформаційно-вимірювальних комплексах. *Методи та прилади контролю якості*, 2(55), 22-31. doi: 10.31471/1993-9981-2025-2(55)-22-31

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Рисунок 1 – Класифікація технології Big Data

ки та аналізу таких даних часто виявляються недостатньо ефективними, з огляду на вимоги до швидкодії, масштабованості та надійності. На рис. 1 представлена класифікація технології Big Data. Дана технологія відкриває нові можливості для зберігання, обробки та аналізу великих обсягів вимірювальної інформації. Їх використання дозволяє підвищити точність вимірювань, забезпечити оперативне виявлення аномалій, оптимізувати процеси керування та підтримати прийняття обґрунтованих рішень на основі даних. Застосування розподілених обчислень, паралельної обробки та інтелектуального аналізу даних сприяє підвищенню ефективності функціонування інформаційно-вимірювальних комплексів у складних і динамічних умовах. Причому сучасні інформаційно-вимірювальні комплекси характеризуються високим рівнем автоматизації, розподіленою архітектурою та інтеграцією з мережевими і хмарними технологіями. До їх складу входять сенсорні мережі, модулі збору даних, канали зв'язку, обчислювальні вузли та програмні засоби візуалізації і керування. Значна частина вимірювань здійснюється у режимі реального часу, що зумовлює жорсткі вимоги до надійності, швидкодії та точності обробки інформації. Ускладнення вимірювальних задач і зростання кількості контрольованих параметрів призводять до суттєвого збільшення обсягів даних, які необхідно обробляти та аналізувати [2].

Технології Big Data в інформаційно-вимірювальних комплексах дозволяють

реалізувати ефективне зберігання вимірювальної інформації, виконувати паралельну обробку потоків даних, а також застосовувати методи інтелектуального аналізу та машинного навчання. Це дає змогу не лише підвищити достовірність результатів вимірювань, але й забезпечити прогнозування стану об'єктів, раннє виявлення відмов і аномальних режимів роботи. Важливою особливістю сучасних технологій Big Data є можливість інтеграції даних інформаційно-вимірювальних комплексів із зовнішніми джерелами інформації, зокрема з відкритих ресурсів Інтернету, галузевих баз даних та інформаційних платформ. Для інформаційно-вимірювальних комплексів така інтеграція створює принципово нові можливості підвищення інформативності та достовірності результатів вимірювань. Крім того, зіставлення даних інформаційно-вимірювальних комплексів із зовнішніми джерелами сприяє побудові узагальнених моделей та підвищенню точності прогнозування. Використання статистичних, довідкових або поточкових даних з Інтернету дозволяє виявляти глобальні тенденції, порівнювати локальні результати вимірювань із середніми або нормативними значеннями та адаптувати алгоритми аналізу до змін зовнішнього середовища. Використання аналітичних інструментів Big Data сприяє оптимізації технологічних процесів і підвищенню ефективності прийняття управлінських рішень.

У роботах [3, 4] розглядається застосування технологій Big Data для обробки ве-

ликих потоків вимірювальної інформації, що надходить від розподілених сенсорних мереж та інформаційно-вимірювальних комплексів у промислових системах. Автори підкреслюють переваги використання розподілених обчислювальних платформ для підвищення масштабованості та надійності обробки даних. У публікаціях [5, 6] досліджується інтеграція Big Data з інформаційно-вимірювальними комплексами реального часу, зокрема в енергетичних та кіберфізичних системах. Особливу увагу приділено проблемам високої швидкості надходження даних, їх фільтрації та попередньої обробки з урахуванням похибок вимірювань. Роботи [7, 8] присвячені використанню методів аналітики Big Data та машинного навчання для інтелектуального аналізу вимірювальної інформації. У цих дослідженнях показано можливості прогнозування стану об'єктів, виявлення аномалій та підвищення точності прийняття рішень в інформаційно-вимірювальних комплексах. У публікаціях [9, 10] розглядаються архітектурні рішення побудови інформаційно-вимірювальних комплексів із використанням хмарних технологій та платформ Big Data. Автори аналізують питання зберігання великих обсягів вимірювальних даних, забезпечення відмовостійкості та інформаційної безпеки. Роботи [11, 12] зосереджені на практичних аспектах впровадження технологій Big Data в інформаційно-вимірювальні системи промислового та екологічного моніторингу. Показано, що поєднання сучасних вимірювальних засобів з аналітичними інструментами Big Data дозволяє суттєво підвищити ефективність моніторингу складних об'єктів і процесів.

Актуальність дослідження обумовлена потребою у створенні та впровадженні сучасних інформаційно-вимірювальних комплексів, здатних ефективно функціонувати в умовах зростаючих обсягів даних та високих вимог до якості інформації. Поєднання принципів побудови інформаційно-вимірювальних комплексів з технологіями Big Data є перспективним напрямом розвитку цифрових, кіберфізичних та інтелектуальних систем, що відповідає сучасним те-

нденціям автоматизації та концепції Індустрії 4.0.

Мета статті полягає у дослідженні можливостей застосування технологій Big Data в інформаційно-вимірювальних комплексах, аналізі архітектурних і методологічних підходів до обробки великих обсягів вимірювальної інформації, а також оцінюванні їх впливу на підвищення ефективності, точності та надійності функціонування сучасних вимірювальних систем.

Вимоги до даних та задачі технології Big Data

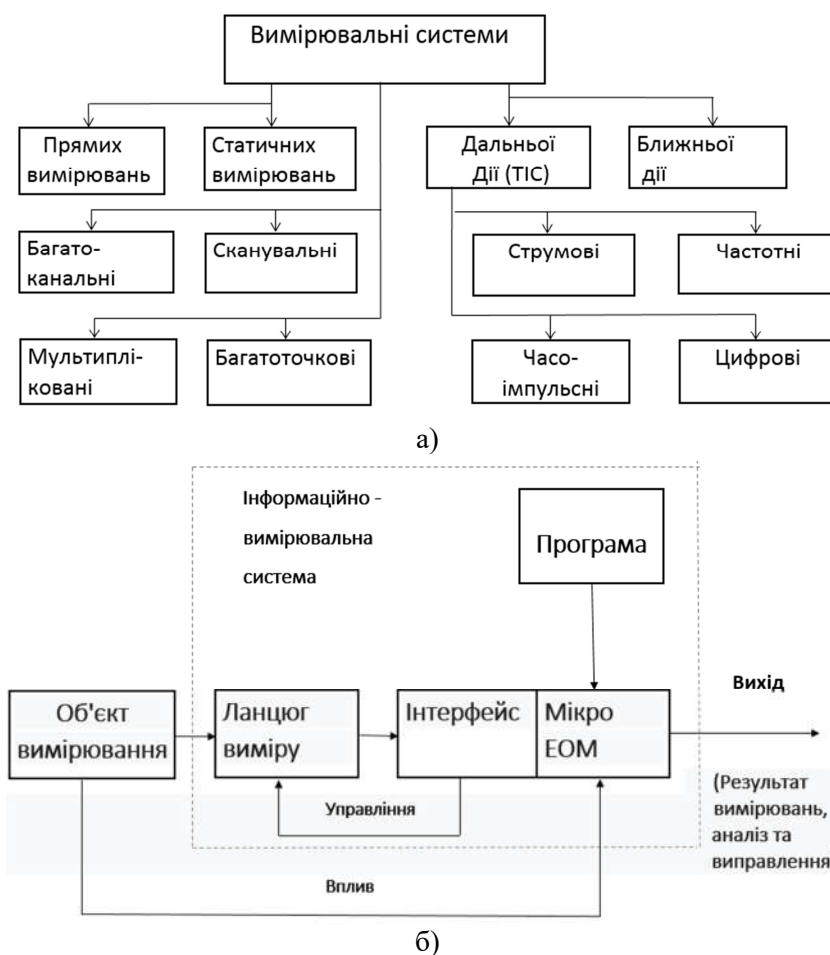
До сучасних інформаційно-вимірювальних комплексів висуваються вимоги в області роботи з даними, що потребує сучасних рішень цифровізації. Загальний вигляд інформаційно-вимірювальної системи і її класифікації представлені на рис. 2.

Головні характеристики даних та вимоги до них.

Обсяг даних. Інформаційно-вимірювальні комплекси формують значні обсяги даних у процесі безперервного контролю параметрів об'єктів і технологічних процесів. Збільшення кількості вимірювальних каналів, підвищення частоти дискретизації та тривалість спостережень призводять до накопичення великих масивів вимірювальної інформації. Дані повинні зберігатися таким чином, щоб забезпечити можливість подальшого аналізу, порівняння з історичними значеннями та використання для діагностики і прогнозування стану системи.

Швидкість надходження та обробки даних. Для інформаційно-вимірювальних комплексів характерною є висока швидкість генерації та оновлення даних. У багатьох випадках вимірювання виконуються в режимі реального або близького до реального часу, що висуває жорсткі вимоги до оперативності приймання, передачі та первинної обробки інформації. Дані повинні оброблятися з мінімальними затримками, оскільки своєчасність інформації безпосередньо впливає на ефективність контролю та керування об'єктами.

Різноманітність даних. Інформаційно-вимірювальні комплекси працюють з



а – класифікація за надходженням даних; б – структурна схема

Рисунок 2 – Інформаційно-вимірювальна система

даними різної природи та формату. Окрім числових результатів вимірювань, використовуються часові ряди, сигнали, журнали подій, службова інформація, а також результати діагностики та калібрування вимірювальних засобів. Така різноманітність потребує уніфікованих підходів до подання, зберігання та обробки даних, а також чіткої системи метаданих.

Варіабельність та нестабільність даних. Вимірювальні дані можуть характеризуватися змінною якістю, нерівномірною інтенсивністю надходження та наявністю випадкових відхилень. На результати вимірювань впливають зовнішні умови, зношення датчиків, електромагнітні завади та особливості об'єкта спостереження. Тому дані інформаційно-вимірювальних комплексів повинні підлягати перевірці, фільтрації та корекції з метою зменшення впливу шумів і аномальних значень.

Достовірність і надійність даних. Однією з ключових вимог до даних є їх достовірність. Вимірювальна інформація повинна відповідати встановленим метрологічним характеристикам, а джерела даних — бути відомими та контрольованими. Важливу роль відіграють процедури калібрування, валідації та контролю правильності даних, оскільки помилки у вимірюваннях можуть призвести до неправильних висновків і рішень.

Актуальність та термін зберігання даних. Дані інформаційно-вимірювальних комплексів мають різну цінність залежно від часу їх отримання. Оперативні дані необхідні для поточного контролю, тоді як архівні використовуються для аналізу тенденцій і дослідження динаміки процесів. Це зумовлює необхідність визначення політик зберігання, архівування та видалення даних з урахуванням вимог до їх доступності та актуальності.

Безпека та захищеність даних. Вимірювальні дані є критично важливими для функціонування багатьох технічних систем, тому повинні бути захищені від несанкціонованого доступу, втрати або спотворення. Інформаційно-вимірювальні комплекси мають забезпечувати цілісність, конфіденційність та доступність даних на всіх етапах їх обробки і зберігання. Особливо важливими є захист каналів передачі та контроль доступу до даних.

Наочність і можливість інтерпретації. Для ефективного використання вимірювальної інформації дані повинні бути представлені у формі, зручній для аналізу та інтерпретації. Засоби візуалізації повинні забезпечувати наочне відображення стану об'єктів, змін параметрів у часі та виявлення відхилень від нормальних режимів.

Практична цінність даних. Дані інформаційно-вимірювальних комплексів повинні мати прикладне значення та використовуватися для досягнення поставлених цілей контролю, діагностики та керування. Цінність даних визначається їх здатністю відображати реальний стан об'єкта, підтримувати прийняття рішень та сприяти підвищенню ефективності функціонування системи загалом.

Зазначені вимоги до даних інформаційно-вимірювальних комплексів істотно ускладнюють їх зберігання, обробку та аналіз у межах традиційних інформаційних систем. Постійне зростання кількості вимірювальних каналів, висока частота надходження даних, різноманітність форматів і необхідність довготривалого зберігання історичної інформації створюють нові технічні та організаційні виклики. У таких умовах класичні реляційні бази даних та централізовані системи обробки часто не забезпечують необхідної масштабованості, продуктивності та відмовостійкості, що обумовлює доцільність використання сучасних технологій Big Data.

Завдання, пов'язані з використанням Big Data в інформаційно-вимірювальних комплексах, умовно можна поділити на три основні групи.

1. Зберігання та управління вимірювальними даними. Інформаційно-вимірю-

вальні комплекси можуть генерувати сотні терабайт даних у процесі тривалої експлуатації. Такий обсяг інформації складно ефективно зберігати та адмініструвати за допомогою традиційних реляційних баз даних. Технології Big Data передбачають використання розподілених файлових систем, у яких вимірювальні дані зберігаються на множині стандартних обчислювальних вузлів. Кожен фрагмент даних розміщується на кількох фізичних носіях, що забезпечує відмовостійкість та збереження інформації у разі виходу з ладу окремих компонентів системи. Для інформаційно-вимірювальних комплексів це є особливо важливим, оскільки втрата вимірювальних даних може призвести до неможливості аналізу стану об'єкта або відновлення хронології подій.

2. Робота з неструктурованою та різноманітною інформацією. На відміну від класичних систем збору даних, сучасні інформаційно-вимірювальні комплекси оперують не лише структурованими числовими вимірами, але й неструктурованими або напівструктурованими даними. До них належать журнали подій, сигнали, телеметричні потоки, зображення, відео з технічних камер, а також службова інформація про стан обладнання. Технології Big Data дозволяють зберігати такі дані без жорсткої попередньої структуризації, що дає змогу накопичувати повний масив вимірювальної інформації. Водночас це потребує застосування спеціалізованих методів подальшої обробки та перетворення даних з метою отримання корисної інформації для аналізу та прийняття рішень.

3. Аналіз та інтерпретація вимірювальних даних. Одним із ключових завдань інформаційно-вимірювальних комплексів є не лише збір і зберігання даних, а й їх аналіз для контролю, діагностики та прогнозування стану об'єктів. Технології Big Data надають інструменти для виконання як базових аналітичних операцій, так і складного багатовимірного аналізу великих масивів вимірювальної інформації. Це створює можливості для виявлення прихованих закономірностей, аналізу тенденцій, побудови прогностичних моделей

Таблиця 1 – Моделі функціонування великих даних

Критерій	Документоорієнтована модель	Графова модель	Модель «ключ–значення»	Стовпчикова модель
Основна одиниця зберігання	Документ (JSON/XML), що містить набір атрибутів	Вузол і зв'язок між вузлами	Пара «ключ – значення»	Стовпець або сімейство стовпців
Типи даних, що підтримуються	Напівструктуровані, різнорідні вимірювальні дані	Структуровані та неструктуровані дані зі складними зв'язками	Дані довільної структури без внутрішньої інтерпретації	Переважно структуровані та числові дані
Гнучкість структури	Висока, структура документів може змінюватися	Дуже висока, схема не фіксована	Максимальна, структура значення не регламентується	Середня, легко додавати нові стовпці
Підтримка зв'язків між даними	Обмежена, реалізується на рівні застосунку	Основна перевага моделі, зв'язки є ключовими	Відсутня	Обмежена, не є основною функцією
Швидкість доступу до даних	Висока для вибірки окремих документів	Висока для аналізу зв'язків	Дуже висока при доступі за ключем	Висока для аналітичних запитів
Масштабованість	Висока, добре працює з великими обсягами даних	Висока, особливо для динамічних систем	Дуже висока, проста горизонтальна масштабованість	Висока, орієнтована на масову обробку
Ефективність аналітичних операцій	Середня	Висока для аналізу взаємозв'язків	Низька	Дуже висока (агрегації, статистика)
Типові задачі в ІВК	Зберігання конфігурацій, метаданих, описів вимірювань	Аналіз взаємодії сенсорів і підсистем	Оперативні дані, стани сенсорів, кешування	Обробка часових рядів, статистичний аналіз
Робота в реальному часі	Підтримується	Добре підходить	Найбільш придатна	Обмежена, орієнтація на пакетну аналітику
Складність реалізації	Середня	Вища за інші моделі	Низька	Середня

та підвищення ефективності функціонування інформаційно-вимірювальних комплексів.

Таким чином, специфіка даних інформаційно-вимірювальних комплексів — великий обсяг, висока швидкість надходження, різнорідність і вимоги до надійності — обумовлює необхідність застосування технологій Big Data як основи для побудови сучасних масштабованих і ефективних систем зберігання та аналізу вимірювальної інформації.

Моделі функціонування великих даних

Сучасні інформаційно-вимірювальні комплекси характеризуються інтенсивною генерацією різнорідних даних, що надходять від великої кількості вимірювальних пристроїв, сенсорів та підсистем. Такі дані можуть відрізнятися за структурою, часто-

тою надходження, обсягом і призначенням, що ускладнює їх ефективне зберігання та подальшу обробку в межах єдиного підходу. У зв'язку з цим актуальним є застосування різних моделей організації даних, кожна з яких орієнтована на певний клас задач. Моделі функціонування великих даних представлені в табл. 1.

Модель даних, орієнтована на документ, використовує документи як основну одиницю зберігання та пошуку напівструктурованої інформації. У інформаційно-вимірювальних комплексах така модель є доцільною завдяки гнучкості структури та можливості зберігання різнорідних вимірювальних даних без попереднього жорсткого опису схеми.

У межах інформаційно-вимірювального комплексу документи застосовуються для представлення результатів вимірювань, телеметричних даних, параметрів датчиків,

метаданих та часових міток. Найпоширенішими форматами подання є XML та JSON, які забезпечують зручність обробки, передачі й інтеграції даних між підсистемами комплексу. На відміну від реляційного підходу, де структура таблиць визначається заздалегідь, у документоорієнтованій моделі опис структури та значень зберігається безпосередньо в документі. Це дозволяє зберігати дані з різною структурою. Завдяки високій гнучкості та доступності даних документоорієнтована модель є ефективним рішенням для зберігання та обробки великих обсягів різномірної інформації в сучасних інформаційно-вимірвальних комплексах.

Графова модель даних призначена для зберігання та обробки великих обсягів різномірної інформації, яка може мати структурований, напівструктурований або неструктурований характер. В інформаційно-вимірвальних комплексах така модель є особливо ефективною для представлення складних взаємозв'язків між вимірвальними пристроями, каналами збору даних, параметрами середовища та результатами вимірювань.

На відміну від традиційних підходів, у яких структура даних визначається заздалегідь, графова модель не потребує фіксованої схеми перед збереженням інформації. Це дозволяє гнучко інтегрувати дані, що надходять від різних сенсорів, підсистем та зовнішніх джерел, у тому числі в режимі реального часу. Для інформаційно-вимірвальних комплексів це є важливим, оскільки конфігурація вимірвальної системи та склад контрольованих параметрів можуть динамічно змінюватися. У графовій моделі дані подаються у вигляді вузлів та зв'язків між ними, де вузли можуть відповідати вимірвальним пристроям, фізичним об'єктам або подіям вимірювання, а зв'язки – функціональним, часовим або причинно-наслідковим залежностям. Завдяки здатності обробляти великі обсяги високошвидкісних даних без необхідності попереднього визначення схеми, графова модель широко застосовується для аналітичних задач в режимі реального часу. В інформаційно-вимірвальних комплексах

це дозволяє ефективно аналізувати потоки вимірювань, встановлювати взаємозв'язки між параметрами та підвищувати загальну інформативність системи.

Модель даних типу «ключ–значення». Модель даних типу «ключ–значення» є однією з найпростіших і водночас найгнучкіших моделей зберігання інформації. В її основі лежить збереження даних у вигляді пар «ключ – значення», де ключ виступає унікальним ідентифікатором, а значення містить відповідний інформаційний об'єкт. У контексті інформаційно-вимірвальних комплексів така модель доцільна для зберігання великих потоків вимірвальних даних, параметрів стану обладнання, результатів окремих вимірювань або службової інформації. Значення в моделі «ключ–значення» може мати довільну форму та містити числові дані, текстові записи, часові ряди, двійкові файли, а також структуровані або напівструктуровані представлення вимірвальної інформації. При цьому внутрішня структура значення не нав'язується системою зберігання, а повністю визначається логікою інформаційно-вимірвального комплексу та вимогами прикладного програмного забезпечення.

Однією з ключових переваг цієї моделі є відсутність жорстких вимог до структури даних. Це дозволяє легко адаптувати сховище до змін конфігурації обладнання, появи нових датчиків або вимірвальних каналів без необхідності модифікації загальної схеми зберігання. Доступ до інформації здійснюється безпосередньо за ключем, що забезпечує високу швидкість читання та запису даних. Модель «ключ–значення» добре підходить для задач, де не потрібні складні запити або встановлення взаємозв'язків між даними, але критично важливими є швидкодія та масштабованість. В інформаційно-вимірвальних комплексах це може бути зберігання оперативних результатів вимірювань, поточних станів сенсорів, буферів телеметричних даних або тимчасових значень, що використовуються під час обробки сигналів.

Стовпчикова модель даних ґрунтується на організації інформації у вигляді стовпців та сімейств стовпців, які виступають

Таблиця 2 – Моделі великих даних інформаційно-вимірювальних комплексів

Тип інформаційно-вимірювального комплексу	Призначення	Характер вимірювальних даних	Доцільні моделі даних	Обґрунтування вибору моделей
Контрольно-вимірювальні комплекси	Контроль фізичних параметрів об'єктів (температура, тиск, напруга, струм тощо)	Потокові дані, часові ряди, висока частота надходження	Ключ–значення, стовпчикова	Забезпечують швидкий запис і доступ до поточних значень та ефективну обробку великих масивів однотипних вимірювань
Діагностичні комплекси	Оцінювання технічного стану обладнання, виявлення відмов	Багатовимірні дані, історичні вимірювання, події	Документоорієнтована, графова	Дозволяють зберігати вимірювання разом із метаданими та встановлювати зв'язки між параметрами, подіями й компонентами системи
Моніторингові комплекси	Довготривале спостереження за станом об'єктів або середовищ	Великі обсяги часових та просторово-часових даних	Стовпчикова, документоорієнтована	Ефективні для накопичення та аналітичної обробки історичних даних із змінною структурою
Експериментальні комплекси	Наукові дослідження та лабораторні вимірювання	Напівструктуровані дані, результати експериментів, конфігурації	Документоорієнтована, стовпчикова	Забезпечують гнучке зберігання результатів експериментів і швидкий статистичний аналіз
Керуючі інформаційно-вимірювальні комплекси	Вимірювання з автоматичним керуванням процесами	Дані реального часу, події, сигнали керування	Ключ–значення, графова	Ключ–значення забезпечує мінімальні затримки, графова модель дозволяє описувати логіку взаємодії компонентів

основними одиницями зберігання. В інформаційно-вимірювальних комплексах така модель є доцільною для роботи з великими масивами однотипних вимірювальних даних, зокрема часовими рядами показів сенсорів, параметрами сигналів та результатами багаторазових вимірювань. На відміну від рядкової організації даних, де вся інформація про об'єкт зберігається в одному записі, стовпчикова модель групує значення за ознаками. Це означає, що дані одного типу, наприклад температури, тиску або напруги, зберігаються разом у відповідних стовпцях. Такий підхід дозволяє одному широкому стовпцю містити обсяг інформації, еквівалентний великій кількості рядків у традиційних таблицях.

Для інформаційно-вимірювальних комплексів це забезпечує істотні переваги під час виконання аналітичних операцій. Обчислення агрегованих показників, таких як середні значення, суми або кількість вимірювань за певний інтервал часу, можуть виконуватися значно швидше, оскі-

льки обробляється лише необхідний стовпець, а не весь набір даних. Крім того, стовпчикова організація сприяє ефективному стисненню та розбиттю даних, що зменшує обсяг зберігання та підвищує продуктивність доступу.

Моделі великих даних інформаційно-вимірювальних комплексів представлені в таблиці 2.

Кожна з розглянутих моделей даних не є універсальною для всіх задач інформаційно-вимірювальних комплексів. Документоорієнтована модель забезпечує гнучке зберігання різномірної вимірювальної інформації, графова модель є найбільш ефективною для аналізу складних взаємозв'язків між елементами інформаційно-вимірювального комплексу, модель «ключ–значення» оптимальна для високошвидкісної обробки оперативних даних, тоді як стовпчикова модель найкраще підходить для аналітичної обробки великих масивів вимірювальних даних та часових рядів.

Висновки

У роботі розглянуто особливості функціонування сучасних інформаційно-вимірювальних комплексів та проаналізовано вимоги до даних, що формуються в процесі їх роботи. Показано, що зростання обсягів вимірювальної інформації, підвищення частоти надходження даних і різноманітність їх структур ускладнюють використання традиційних підходів до зберігання та обробки даних.

Виконано класифікацію інформаційно-вимірювальних комплексів за призначенням та встановлено, що кожен клас комплексів характеризується специфічними типами даних і вимогами до їх обробки. Це зумовлює необхідність застосування гнучких і масштабованих моделей даних, здатних ефективно працювати з великими масивами вимірювальної інформації.

У роботі проаналізовано основні моделі даних, що використовуються в технологіях Big Data, зокрема документоорієнтовану, графову, модель ключ–значення та стовпчикову модель, і обґрунтовано доцільність їх застосування в інформаційно-вимірювальних комплексах. Показано, що вибір конкретної моделі даних повинен здійснюватися з урахуванням характеру вимірювань, режиму роботи системи (реального часу або офлайн-аналізу) та вимог до швидкодії й надійності.

Подяки

Відсутні.

Конфлікт інтересів

Відсутній.

Список використаних джерел / References

1. Lande D. V., Subach I. Yu., Gladun A. Ya. Processing of very large data sets (Big Data): a textbook. Kyiv. 2021. 168 p. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46129> [in Ukrainian]
2. Talakh M. V. Big Data processing technologies. A textbook. Chernivtsi: Chernivtsi National University. 2024. 454 p. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/8993> [in Ukrainian]
3. Chen M., Mao S., Liu Y. Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*. 2014. Vol. 19(2). P. 171–209. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11036-013-0489-0>
4. Gandomi A., Haider M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*. 2015. Vol. 35(2). P. 137–144. doi: [10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007](https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007)
5. Lee J., Bagheri B., Kao H. A. A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*. 2015. Vol. 3. P. 18–23. doi: [10.1016/j.mfglet.2014.12.001](https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001)
6. Stankovic J. A. Research directions for the Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*. 2014. Vol. 1(1). P. 3–9. doi: [10.1109/JIOT.2014.2312291](https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2312291)
7. Hashem I. A. T., et al. The rise of “Big Data” on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*. 2015. Vol. 47. P. 98–115. doi: [10.1016/j.is.2014.07.006](https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006)
8. Witten I. H., Frank E., Hall M. A. Data mining: Practical machine learning tools and techniques (4th ed.). Morgan Kaufmann. 2016. URL: <https://www.sciencedirect.com/book/monograph/9780123748560/data-mining-practical-machine-learning-tools-and-techniques>
9. Buyya R., Vecchiola C., Selvi S. T. Mastering cloud computing. Morgan Kaufmann. 2013. URL: <https://www.sciencedirect.com/book/monograph/9780124114548/mastering-cloud-computing>
10. Marz N., Warren J. Big Data: Principles and best practices of scalable real-time data systems. Manning Publications. 2015. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10279852/keywords#keywords>

11. Wang L., Törngren M., Onori M. Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*. 2015. Vol. 37. P. 517–527. doi: [10.1016/j.jmsy.2015.04.008](https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.04.008)
12. Zhang Q., Chen M., Li L., Huang Y. Big data analytics for smart industrial systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2018. Vol. 14(4). P. 1530–1540.

BIG DATA TECHNOLOGY IN INFORMATION AND MEASUREMENT COMPLEXES

Demchyna M. M.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

King Danylo University

76018, Konovaltsya St., 35, Ivano-Frankivsk, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0002-9161-4843>

e-mail: mykolademchyna@gmail.com

Abstract. The article examines the features of data processing and storage in modern information and measuring complexes that operate in conditions of increasing volumes of measuring information and increased requirements for speed and reliability. The main requirements for data of information and measuring complexes are analyzed, in particular, regarding the volume, speed of receipt, structural diversity and reliability of measuring information. The classification of information and measuring complexes by purpose is presented and the characteristic types of data for each class are determined. The main data models used in Big Data technologies are considered, and the feasibility of their use in information and measuring complexes is substantiated, depending on the specifics of measuring processes. It is shown that the use of flexible and scalable data models provides effective integration, analysis and long-term storage of large arrays of measuring information. Special attention is paid to the possibility of comparing the obtained data with additional sources of information, including data from the Internet, which allows to increase the accuracy of analysis and forecasting. Examples of practical application of data models in control and measuring, diagnostic, monitoring and control complexes are also considered, which demonstrates their effectiveness in various applied tasks. The results obtained can be used in the design and modernization of information and measuring complexes with increased requirements for productivity and analytical capabilities.

Keywords: Big Data technology, information and measuring complex, data set, model, analysis, information flow.