DOI 10.34185/1562-9945-5-166-2026-26
УДК 004.451:004.7

К.Ю. Островська, О.Д. Самуськов

# АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ В IT-ІНФРАСТРУКТУРАХ

*Анотація. У статті проведено аналіз сучасних підходів до моніторингу та управління навантаженням в IT-інфраструктурах. Досліджено традиційні методи моніторингу ресурсів, концепцію Observability, балансування навантаження, автоматичне масштабування, контейнеризацію та застосування методів машинного навчання для прогнозування навантаження і виявлення аномалій. Проаналізовано особливості реактивного, проактивного та інтелектуального управління ресурсами. Запропоновано узагальнену концептуальну модель інтелектуального управління навантаженням, яка передбачає інтеграцію збору телеметричних даних, їх попередньої обробки, прогнозування навантаження, виявлення аномалій та автоматичного прийняття рішень щодо масштабування ресурсів. Проведено порівняльний аналіз основних підходів за критеріями автоматизації, адаптивності, прогнозних можливостей і вимог до даних. Обґрунтовано доцільність переходу від реактивного до проактивного управління IT-інфраструктурами та визначено перспективи використання технологій машинного навчання і AIOps.*
*Ключові слова: IT-інфраструктура, моніторинг, управління навантаженням, Observability, хмарні технології, автоматичне масштабування, машинне навчання, прогнозування, виявлення аномалій, AIOps.*

**Вступ.** Сучасний етап цифрової трансформації характеризується активним використанням розподілених інформаційних систем, хмарних обчислень, мікросервісної архітектури та контейнерних технологій. IT-інфраструктури стають дедалі складнішими, а кількість взаємопов’язаних компонентів постійно зростає. До складу сучасної інфраструктури можуть входити фізичні та віртуальні сервери, мережеве обладнання, системи зберігання даних, контейнери, мікросервіси, бази даних, системи балансування та хмарні ресурси.

Зі збільшенням кількості користувачів, інформаційних потоків і обсягів даних зростають вимоги до продуктивності, масштабованості та надійності таких систем. Нерівномірний розподіл навантаження може спричиняти перевантаження окремих компонентів, збільшення часу відповіді, зниження доступності сервісів і виникнення відмов.

Водночас постійне резервування надлишкових ресурсів також є неефективним, оскільки призводить до збільшення витрат на експлуатацію IT-інфраструктури. Особливо актуальною ця проблема є для хмарних середовищ, у яких вартість обчислювальних ресурсів безпосередньо залежить від обсягів їх використання.

© Островська К.Ю., Самуськов О.Д., 2026
Copyright for this paper by its authors. Use permitted under License CC BY 4.0.
ISSN 1562-9945 (Print)
ISSN 2707-7977 (Online)

Традиційні системи моніторингу переважно орієнтовані на контроль поточного стану ресурсів та реагування на вже виявлені проблеми. Такий підхід є ефективним для базового контролю, але має обмежені можливості щодо прогнозування майбутнього навантаження та попередження потенційних відмов.

У зв'язку з цим актуальним є розвиток інтелектуальних підходів, які поєднують моніторинг, аналіз телеметричних даних, прогнозування, виявлення аномалій та автоматичне управління ресурсами.

**Постановка проблеми.** Основною проблемою управління сучасними IT-інфраструктурами є забезпечення необхідного рівня продуктивності та доступності за одночасного раціонального використання обчислювальних ресурсів.

Навантаження на інфраструктуру не є постійним і може змінюватися залежно від часу доби, дня тижня, кількості користувачів, характеру інформаційних процесів та зовнішніх факторів. У результаті використання статичних правил управління ресурсами може бути недостатньо для забезпечення оптимальної роботи системи.

Проблема ускладнюється переходом до мікросервісної та хмарної архітектури, у якій одна операція користувача може проходити через декілька взаємопов'язаних компонентів. Виявлення джерела деградації продуктивності в такому середовищі потребує аналізу великого обсягу різнорідної телеметричної інформації.

Таким чином, виникає необхідність розроблення підходів, які дозволяють:

- оперативно контролювати поточний стан IT-інфраструктури;
- визначати взаємозв'язки між її компонентами;
- прогнозувати майбутнє навантаження;
- виявляти аномальні режими роботи;
- автоматично змінювати обсяг доступних ресурсів;
- мінімізувати витрати без погіршення якості обслуговування.

**3. Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми надійності та ефективного управління IT-системами широко досліджуються в межах концепції Site Reliability Engineering (SRE). У роботах B. Beyer та співавторів значна увага приділяється моніторингу, управлінню продуктивністю, автоматизації та забезпеченню надійності програмних систем [1, 2].

Особливого значення в сучасних розподілених системах набуває концепція Observability, яка передбачає використання метрик, логів і трасувань для отримання комплексного уявлення про внутрішній стан системи. На відміну від традиційного моніторингу, Observability орієнтована не лише на виявлення факту проблеми, а й на визначення її можливих причин.

Розвиток контейнеризації та Kubernetes сприяв поширенню автоматичного масштабування. У Kubernetes реалізовані механізми горизонтального та вертикального масштабування, які дозволяють адаптувати кількість або ресурсні характеристики контейнерів відповідно до поточного навантаження [3].

Питання обробки великих обсягів даних та побудови масштабованих розподілених систем розглядаються у працях M. Kleppmann [4] та K. Hwang, G. Fox, J.



ISSN 1562-9945 (Print)
ISSN 2707-7977 (Online)

Dongarra [7]. Автори наголошують на важливості масштабованості, відмовостійкості та ефективного управління розподіленими ресурсами.

Використання методів машинного навчання для прогнозування та аналізу даних розглядається, зокрема, у працях J. Han, M. Kamber, J. Pei [5] та A. Géron [6]. Зазначені підходи можуть бути адаптовані до задач прогнозування навантаження, класифікації станів інфраструктури та виявлення аномальної поведінки.

Попри значну кількість існуючих досліджень, актуальним залишається питання інтеграції різних методів у єдину систему інтелектуального управління, яка здатна не лише спостерігати за станом інфраструктури, а й прогнозувати його зміни та автоматично формувати відповідні керуючі впливи.

Метою роботи є аналіз сучасних підходів до моніторингу та управління навантаженням в IT-інфраструктурах, визначення їх переваг і обмежень, а також обґрунтування перспектив інтеграції методів машинного навчання, Observability та автоматичного масштабування для побудови проактивних систем управління ресурсами.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв’язати такі завдання:

1. проаналізувати традиційні методи моніторингу IT-інфраструктури;
2. дослідити сучасні підходи Observability;
3. розглянути механізми балансування та автоматичного масштабування;
4. проаналізувати можливості машинного навчання для прогнозування навантаження;
5. дослідити методи виявлення аномалій;
6. визначити перспективи формування інтелектуальних систем управління.

**Методи дослідження.** У роботі використано методи системного та порівняльного аналізу для дослідження сучасних підходів до моніторингу й управління IT-інфраструктурами. Аналіз літературних джерел застосовано для визначення основних тенденцій розвитку SRE, Observability, хмарних і контейнерних технологій.

Для дослідження можливостей інтелектуального управління використано методи машинного навчання, прогнозування часових рядів та виявлення аномалій. Методи узагальнення та систематизації застосовано для формування концептуальної моделі взаємодії моніторингу, аналітики та механізмів автоматичного управління.

Порівняння підходів здійснювалося за такими критеріями: рівень автоматизації, здатність до прогнозування, адаптивність, складність реалізації, вимоги до даних та можливість інтеграції з хмарними середовищами.

**Сучасний моніторинг IT-інфраструктури.** Моніторинг є базовим компонентом управління IT-інфраструктурою та передбачає безперервний або періодичний збір інформації про стан її апаратних і програмних компонентів.

Основними показниками є:

- завантаження CPU;
- використання оперативної пам’яті;
- дискове навантаження;
- обсяг мережевого трафіку;
- кількість запитів;

– час відповіді;
– кількість помилок;
– кількість активних користувачів;
– доступність сервісів.

Найпростішим підходом є пороговий моніторинг. У цьому випадку визначається допустимий діапазон значень показника, а при його перевищенні генерується попередження.

Наприклад, якщо завантаження CPU перевищує встановлений рівень, система формує повідомлення адміністратору. Перевагами такого підходу є простота, низькі вимоги до обчислювальних ресурсів і зрозумілість правил.

Водночас статичні пороги не враховують часову структуру навантаження. Значення, яке є нормальним у період пікової активності, може бути аномальним у нічний час. Крім того, короткочасні коливання можуть призводити до великої кількості хибних спрацювань.

Тому в сучасних розподілених системах використовується комплексний підхід Observability.

**Observability як розвиток традиційного моніторингу.** Observability передбачає аналіз трьох основних категорій телеметричних даних: метрик, логів і трасувань.

Метрики відображають кількісні характеристики системи. Логи містять інформацію про окремі події, помилки та операції. Трасування дозволяє простежити проходження конкретного запиту через декілька сервісів.

Комплексний аналіз цих джерел дає змогу встановлювати зв’язки між окремими подіями. Наприклад, збільшення часу відповіді може бути пов’язане не з самим вебсервером, а з перевантаженням бази даних або іншого мікросервісу.

Таким чином, Observability забезпечує більш глибоке розуміння поведінки розподіленої системи та створює інформаційну основу для подальшої автоматизації управління.

**Управління навантаженням та автоматичне масштабування.** Моніторинг повинен бути пов’язаний із механізмами управління ресурсами. Одним із найбільш поширених методів є балансування навантаження, яке забезпечує розподіл запитів між декількома серверами або екземплярами сервісів.

Використання балансувальника дозволяє уникати ситуацій, коли один сервер перевантажений, а інші використовуються недостатньо. Найпростішим алгоритмом є Round Robin. Більш складні алгоритми можуть враховувати поточне завантаження вузлів, кількість активних з’єднань та час відповіді.

Важливим механізмом сучасних хмарних платформ є автоматичне масштабування. Його метою є динамічна адаптація кількості або потужності ресурсів відповідно до навантаження.

Горизонтальне масштабування можна представити як:

$$N(t)=f(L(t)), \quad (1)$$



ISSN 1562-9945 (Print)
ISSN 2707-7977 (Online)

де N(t) - кількість активних екземплярів у момент часу t, а L(t) - поточне навантаження на систему.

Наприклад, якщо середня завантаженість процесора перевищує встановлений поріг протягом певного інтервалу часу, система автоматично додає нові екземпляри сервісу. Коли навантаження знижується нижче заданого порога, зайві екземпляри видаляються.

Горизонтальне масштабування забезпечує підвищення пропускної здатності, відмовостійкості та гнучкості хмарної інфраструктури. Його ефективність залежить від механізмів балансування навантаження, часу запуску нових екземплярів і коректного налаштування порогів масштабування.

Вертикальне масштабування передбачає зміну ресурсних характеристик окремого вузла: збільшення або зменшення кількості процесорних ядер, обсягу оперативної пам'яті, дискового простору чи інших обчислювальних ресурсів (scale-up / scale-down). На відміну від горизонтального масштабування, за якого змінюється кількість екземплярів сервісу, вертикальне масштабування передбачає зміну потужності вже наявного вузла:

$$R(t)= (C(t), M(t), D(t)), \quad (2)$$

де C(t) - обсяг обчислювальних ресурсів процесора, M(t) - обсяг оперативної пам'яті, D(t) - доступний дисковий простір у момент часу t.

Наприклад, у разі зростання навантаження на базу даних хмарна платформа може збільшити обсяг оперативної пам'яті та кількість процесорних ядер віртуальної машини, забезпечуючи швидше опрацювання запитів без додавання нових вузлів.

Основними перевагами вертикального масштабування є простота реалізації та відсутність необхідності розподіляти навантаження між додатковими екземплярами. Водночас його застосування обмежується максимально доступними характеристиками обладнання або віртуальної машини, а зміна конфігурації в окремих середовищах може вимагати перезапуску сервісу чи тимчасового припинення його роботи.

Основною проблемою реактивного автомасштабування є затримка між зміною навантаження та зміною ресурсів. Тому перспективним є використання прогнозування.

**Прогнозування навантаження методами машинного навчання.** Навантаження на IT-інфраструктуру часто має виражену часову структуру. Можуть спостерігатися добові, тижневі та сезонні закономірності. Використання історичних даних дозволяє побудувати модель прогнозування майбутнього навантаження.

Для прогнозування можуть застосовуватися статистичні методи, регресійні моделі, дерева рішень, ансамблеві алгоритми та нейронні мережі.

Одним із простих методів є ковзне середнє. Основна ідея методу полягає в тому, що прогнозне значення навантаження визначається як середнє арифметичне за останніми \(n\) інтервалами спостереження.

$$x_{t+1} = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} x_{t-1}, \quad (3)$$

де $x_t$ - фактичне навантаження в момент часу $t$;

$x_t$ - розмір вікна усереднення;

$x_{t+1}$ - прогноз навантаження на наступний інтервал.

Такий підхід ефективний для згладжування випадкових коливань, але не завжди здатний врахувати складні нелінійні залежності.

Для складніших часових рядів можуть застосовуватися рекурентні нейронні мережі, зокрема LSTM, а також сучасні моделі глибокого навчання.

Основною перевагою прогнозування є можливість заздалегідь підготувати необхідні ресурси. Якщо модель прогнозує збільшення навантаження через певний проміжок часу, система може виконати масштабування до фактичного виникнення піку.

**Виявлення аномалій.** Виявлення аномалій є важливою складовою інтелектуального моніторингу. Аномалією може вважатися спостереження або послідовність спостережень, які істотно відрізняються від нормального режиму функціонування системи.

Для виявлення аномалій можуть використовуватися статистичні методи, кластеризація, Isolation Forest, методи аналізу часових рядів та нейронні мережі.

Простим статистичним показником є стандартизоване відхилення:

$$z = x - \mu / \sigma, \quad (4)$$

де x - поточне значення показника; μ - середнє значення показника за вибраний період; σ - стандартне відхилення.

При значному відхиленні від нормального діапазону система може сформувати повідомлення про потенційну аномалію.

Більш складні моделі дозволяють одночасно аналізувати декілька параметрів. Наприклад, одночасне збільшення CPU, мережевого трафіку та часу відповіді може бути більш інформативним, ніж аналіз кожного параметра окремо.

**Концептуальна модель інтелектуального управління.** На основі проведеного аналізу доцільно розглядати моніторинг і управління як замкнений контур (рис. 1).

На першому етапі здійснюється збір метрик, логів і трасувань. Далі дані очищуються, агрегуються та приводяться до формату, придатного для аналітичних моделей.

На етапі аналізу визначається поточний стан інфраструктури. Паралельно модель прогнозування оцінює майбутню зміну навантаження, а модуль виявлення аномалій визначає нетипові режими роботи.

На основі отриманих результатів формується керуюче рішення. Воно може передбачати збільшення кількості екземплярів сервісу, зміну ресурсних параметрів, перерозподіл запитів або, навпаки, зменшення кількості ресурсів.

Після виконання керуючої дії система повторно аналізує телеметрію та оцінює результат. Таким чином формується замкнений адаптивний контур управління. Безперервний цикл забезпечує стабільну роботу, високу продуктивність та ефективне використання ресурсів хмарної платформи.



ISSN 1562-9945 (Print)
ISSN 2707-7977 (Online)

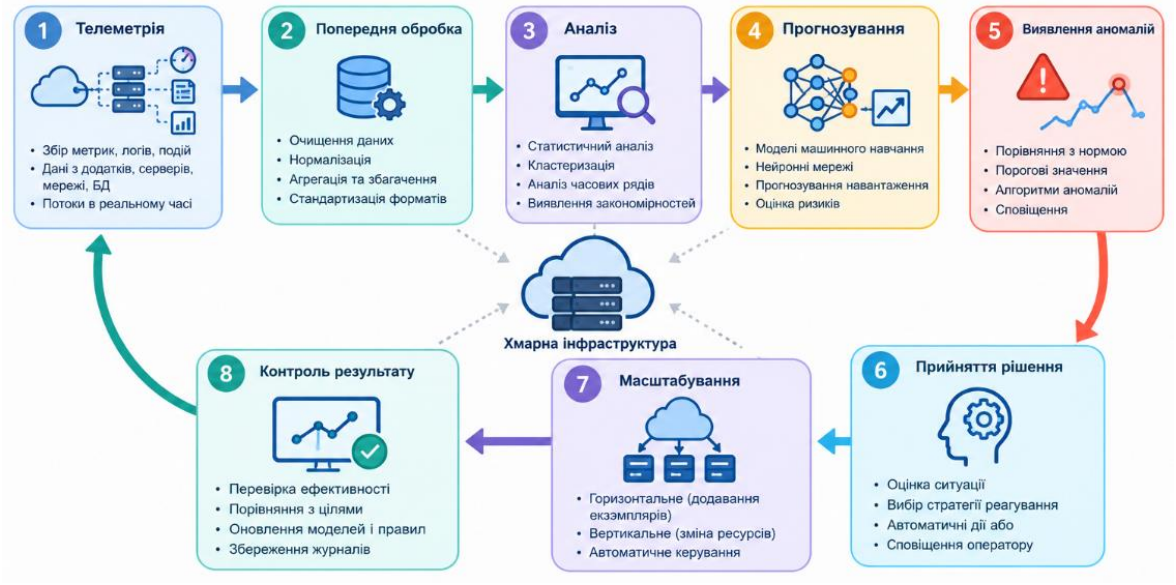



Рисунок 1 – Замкнений контур моніторигу і управління в хмарний інфраструктурі

Порівняльний аналіз підходів пердставленов таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння сучасних підходів до моніторингу та управління

| Підхід | Принцип | Переваги | Обмеження |
|---|---|---|---|
| Пороговий моніторинг | Контроль заданих значень | Простота | Реактивність |
| Observability | Аналіз метрик, логів і трасувань | Комплексне бачення системи | Великий обсяг даних |
| Балансування | Розподіл запитів | Підвищення доступності | Не прогнозує навантаження |
| Автомасштабування | Динамічна зміна ресурсів | Еластичність | Можлива затримка |
| Прогнозування | Оцінювання майбутнього стану | Проактивність | Потреба в історичних даних |
| Виявлення аномалій | Пошук нетипової поведінки | Раннє виявлення проблем | Хибні спрацювання |
| AIOps | Інтелектуальна автоматизація | Висока адаптивність | Складність реалізації |

Порівняння показує, що зазначені підходи не слід розглядати як взаємовиключні. Найбільш перспективним є їх поєднання в єдиній системі управління.

**AIOps та перспективи розвитку.** Подальший розвиток IT-інфраструктур пов’язаний із переходом від автоматизованого моніторингу до інтелектуального управління. Одним із перспективних напрямів є AIOps, що передбачає використання методів штучного інтелекту та машинного навчання для автоматизації операційних процесів.

AIOps-система може аналізувати великі обсяги телеметричних даних, автоматично виявляти аномалії, класифікувати інциденти, прогнозувати навантаження та формувати рішення щодо зміни конфігурації інфраструктури.

Перспективним є використання підкріплювального навчання для вибору оптимальної стратегії управління. У такій системі алгоритм може навчатися на основі результатів попередніх рішень.

Цільова функція може одночасно враховувати продуктивність, вартість ресурсів і ризик деградації сервісу:

$$J = \alpha P + \beta C + \gamma R, \quad (5)$$

де $P$ - показник продуктивності інфраструктури, $C$ - вартість використання обчислювальних ресурсів, $R$ - ризик деградації сервісу, $\alpha, \beta, \gamma$ - вагові коефіцієнти, що визначають відносну важливість відповідних критеріїв.

Отже, завдання інтелектуального управління полягає не просто у максимізації доступних ресурсів, а в пошуку оптимального балансу між якістю обслуговування, продуктивністю та вартістю.

Водночас автоматизація породжує додаткові ризики. Помилки прогнозної моделі або некоректні керуючі рішення можуть призвести до необґрунтованого збільшення витрат або деградації сервісів. Тому перспективні системи повинні містити механізми контролю, обмеження допустимих дій, оцінювання впевненості прогнозу та можливість втручання оператора.

Окремого значення набуває пояснюваність моделей. Адміністратор повинен мати можливість встановити, чому певний стан було класифіковано як аномальний і чому система прийняла рішення про масштабування.

**Обговорення результатів.** Проведений аналіз показує, що кожен із розглянутих підходів вирішує окрему частину задачі управління IT-інфраструктурою. Традиційний моніторинг забезпечує контроль базових параметрів, Observability розширює можливості діагностики, балансування забезпечує рівномірний розподіл запитів, а автомасштабування адаптує ресурси до поточних потреб.

Водночас використання прогнозування дозволяє усунути один із основних недоліків реактивного управління - затримку між зміною навантаження та відповідною реакцією системи.

Інтеграція прогнозування та виявлення аномалій створює можливість переходу до більш адаптивної моделі управління. У цьому випадку система може враховувати як поточний стан інфраструктури, так і прогнозовану динаміку її параметрів.

Важливим результатом аналізу є висновок про доцільність побудови багаторівневої системи управління, у якій базові механізми моніторингу доповнюються методами інтелектуального аналізу. Такий підхід дозволяє зберегти простоту та надійність традиційних механізмів, одночасно розширюючи їх прогнозними та адаптивними можливостями.

**Висновки.** В роботі проведено аналіз сучасних підходів до моніторингу та управління навантаженням в IT-інфраструктурах. Встановлено, що традиційний пороговий моніторинг є ефективним базовим засобом контролю, але має обмежені можливості щодо прогнозування та адаптації до динамічної зміни навантаження.



ISSN 1562-9945 (Print)
ISSN 2707-7977 (Online)

Досліджено концепцію Observability, яка забезпечує комплексний аналіз метрик, логів і трасувань та дозволяє підвищити ефективність діагностики розподілених систем. Проаналізовано балансування навантаження та механізми горизонтального і вертикального масштабування, які забезпечують динамічну адаптацію ресурсів.

Встановлено, що застосування методів машинного навчання дозволяє перейти від реактивного до проактивного управління шляхом прогнозування майбутнього навантаження та виявлення аномальної поведінки.

Запропоновано концептуальну послідовність інтелектуального управління: **збір телеметрії → попередня обробка → аналіз → прогнозування → виявлення аномалій → прийняття рішення → масштабування → контроль результату.**

Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення та експериментальна перевірка інтелектуальної системи управління навантаженням із використанням моделей прогнозування часових рядів, алгоритмів виявлення аномалій та механізмів автоматичного масштабування. Особливу увагу доцільно приділити оцінюванню точності прогнозів, зменшенню хибних спрацювань, пояснюваності прийнятих рішень та оптимізації співвідношення між продуктивністю і вартістю використання ресурсів.

**ЛІТЕРАТУРА/ REFERENCES**

1. Beyer B., Jones C., Petoff J., Murphy N. R. Site Reliability Engineering: How Google Runs Production Systems. Sebastopol: O'Reilly Media, 2016. 552 p. URL: https://repo.darmajaya.ac.id/4636/1/Site%20Reliability%20Engineering_%20How%20Google%20Runs%20Production%20Systems%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf

2. Beyer B., Murphy N. R., Rensin D. K., Kawahara K., Thorne S. The Site Reliability Workbook: Practical Ways to Implement SRE. Sebastopol : O'Reilly Media, 2018. 512 p. URL: https://lrita.github.io/images/posts/com/the-site-reliability-workbook-next18.pdf

3. Burns B., Beda J., Hightower K. Kubernetes: Up and Running: Dive into the Future of Infrastructure. 3rd ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2022. 416 p.

4. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. Sebastopol : O'Reilly Media, 2017. 616 p.

5. Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining: Concepts and Techniques. 3rd ed. Waltham : Morgan Kaufmann, 2011. 744 p.
URL: https://myweb.sabanciuniv.edu/rdehkharghani/files/2016/02/The-Morgan-Kaufmann-Series-in-Data-Management-Systems-Jiawei-Han-Micheline-Kamber-Jian-Pei-Data-Mining.-Concepts-and-Techniques-3rd-Edition-Morgan-Kaufmann-2011.pdf

6. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. 3rd ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2022. 861 p.
URL: https://32931414.s21i.faiusr.com/61/ABUIABA9GAAg1-qMuwYo-LWn0Ac.pdf

7. Hwang K., Fox G.C., Dongarra J.J. Distributed and Cloud Computing: From Parallel Processing to the Internet of Things. Waltham: Morgan Kaufmann, 2012. 672 p. URL: https://cutepooji.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/01/distributed-and-cloud-computing-from-parallel-processing-to-the-internet-of-things.pdf

Received 02.07.2026.
Accepted 02.09.2026.
Published 30.10.2026

***Analysis of modern approaches to monitoring and load management in IT infrastructures***

*Abstract. The article analyzes modern approaches to monitoring and load management in IT infrastructures. Traditional resource monitoring methods, Observability, load balancing, autoscaling, containerization, and machine learning methods for workload forecasting and anomaly detection are considered. The features of reactive, proactive, and intelligent resource management are analyzed. A conceptual model of intelligent load management is proposed, integrating telemetry data collection, preprocessing, workload forecasting, anomaly detection, and automated resource scaling. A comparative analysis of the main approaches is performed according to the level of automation, adaptability, forecasting capabilities, and data requirements. The feasibility of transitioning from reactive to proactive IT infrastructure management is substantiated, and the prospects of using machine learning and AIOps technologies are identified.*

*It has been established that the application of machine learning methods enables a transition from reactive to proactive management by forecasting future load and detecting anomalous behavior.*

*A conceptual sequence for intelligent management is proposed: telemetry collection → preprocessing → analysis → forecasting → anomaly detection → decision-making → scaling → outcome monitoring.*

*A promising avenue for future research involves the development and experimental validation of an intelligent load management system utilizing time-series forecasting models, anomaly detection algorithms, and automated scaling mechanisms. Particular attention should be paid to evaluating forecast accuracy, reducing false positives, ensuring the explainability of decisions, and optimizing the balance between performance and resource costs.*

*Keywords: IT infrastructure, monitoring, load management, Observability, cloud technologies, autoscaling, machine learning, forecasting, anomaly detection, AIOps.*

**Островська Катерина Юріївна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних технологій і систем Українського державного університету науки і технологій.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9375-4121
**Самуськов Олександр** – аспірант кафедри інформаційних технологій і систем Українського державного університету науки і технологій.
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-0336-9353

**Ostrovska Kateryna Yuriivna** – Ph.D., Associate Professor of the Department of Information Technology and Systems of Ukrainian State University of Science and Technology.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9375-4121
**Samuskov Oleksandr** – postgraduate student of the Department of Information Technology and Systems of Ukrainian State University of Science and Technology.
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-0336-9353



ISSN 1562-9945 (Print)
ISSN 2707-7977 (Online)