

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ МАСШТАБОВАНOSTІ ІТ-СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТРИК ПРОДУКТИВНОСТІ (LATENCY, THROUGHPUT, FAULT TOLERANCE) ДЛЯ ХМАРНИХ І БЛОКЧЕЙН- АРХІТЕКТУР.

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Зростання навантаження на інформаційні системи вимагає ефективних підходів до їх масштабування та контролю продуктивності. У роботі розроблено модель системи моніторингу та оптимізації масштабованості ІТ-систем, що базується на комплексному використанні метрик latency, throughput і fault tolerance. Запропоновано уніфікований підхід до аналізу продуктивності для хмарних і блокчейн-архітектур на основі комбінованого критерію прийняття рішень, який одночасно враховує зазначені показники. Проведено імітаційне моделювання роботи системи в умовах змінного навантаження, за результатами якого встановлено зменшення latency на 20–30% та підвищення throughput на 15–25% у хмарному середовищі, а також стабілізацію показників у блокчейн-мережах. Отримані результати підтверджують ефективність використання метрик продуктивності для прийняття рішень щодо оптимізації масштабованості.

Ключові слова: масштабованість, моніторинг, latency, throughput, fault tolerance, хмарні технології, блокчейн.

Abstract

The increasing load on information systems calls for effective approaches to their scaling and performance management. This paper develops a model for monitoring and optimising the scalability of IT systems, based on the comprehensive use of latency, throughput and fault tolerance metrics. A unified approach to performance analysis for cloud and blockchain architectures is proposed, based on a combined decision-making criterion that simultaneously takes these indicators into account. Simulation modelling of the system's operation under variable load conditions was carried out, the results of which showed a 20–30% reduction in latency and a 15–25% increase in throughput in a cloud environment, as well as stabilisation of performance indicators in blockchain networks. The results obtained confirm the effectiveness of using performance metrics for decision-making regarding scalability optimisation.

Key words: scalability, cloud technologies, blockchain, decentralization, performance, information systems.

Вступ

Сучасні інформаційні системи функціонують в умовах зростаючого навантаження, що зумовлює необхідність забезпечення їх ефективної масштабованості. Вона визначає здатність системи підтримувати стабільну продуктивність при зміні інтенсивності запитів і є однією з ключових характеристик її роботи.

У практиці застосовуються різні підходи до масштабування, зокрема хмарні технології та блокчейн-архітектури, які мають відмінні принципи організації [1]. Хмарні середовища забезпечують гнучке керування ресурсами, тоді як блокчейн-системи орієнтовані на децентралізовану взаємодію вузлів. Існуючі рішення моніторингу зазвичай використовують окремі метрики продуктивності, що обмежує можливості комплексної оцінки стану системи.

У зв'язку з цим доцільним є формування підходу, що базується на спільному використанні метрик latency, throughput і fault tolerance для оцінки та оптимізації масштабованості. На цій основі сформовано модель системи моніторингу, яка поєднує збір, аналіз і використання метрик у єдиному контурі керування.

Результати дослідження

З урахуванням поставлених завдань та проведеного аналізу доцільним є формування моделі системи моніторингу та оптимізації масштабованості ІТ-систем, що базується на використанні метрик продуктивності.

Запропонована система реалізована у вигляді багаторівневої архітектури, яка включає модуль збору даних, аналітичний модуль, модуль прийняття рішень та виконавчий механізм масштабування, об'єднані механізмом зворотного зв'язку.

Модуль збору даних забезпечує отримання показників *latency*, *throughput* і *fault tolerance* із середовища функціонування системи. У хмарному середовищі ці дані формуються на основі моніторингу навантаження на сервіси та обчислювальні ресурси, тоді як у блокчейн-мережах — на основі аналізу часу підтвердження транзакцій, пропускної здатності мережі та стабільності роботи вузлів [2, 3]. Такий підхід дозволяє уніфікувати процес збору метрик для різномірних архітектур.

Аналітичний модуль виконує обробку отриманих даних і визначає відхилення метрик від заданих порогових значень. У межах дослідження використано комбінований критерій прийняття рішень, який враховує одночасну зміну метрик *latency*, *throughput* і *fault tolerance*. Зокрема, якщо *latency* перевищує заданий поріг L_{max} і одночасно спостерігається зниження *throughput* нижче T_{min} , система інтерпретує це як перевантаження та ініціює масштабування ресурсів. У випадку, коли показник *fault tolerance* знижується нижче FT_{min} , пріоритет надається підвищенню надійності системи навіть за рахунок тимчасового зменшення продуктивності. Такий підхід дозволяє уникнути конфліктів між метриками та забезпечує збалансовану оптимізацію.

Модуль прийняття рішень формує керуючий вплив залежно від характеру відхилень метрик. У хмарних середовищах це передбачає горизонтальне або вертикальне масштабування ресурсів, а також балансування навантаження між вузлами. У блокчейн-системах реалізується адаптація параметрів обробки транзакцій та оптимізація розподілу навантаження між вузлами мережі. Виконавчий механізм реалізує ці дії та передає результати назад у систему через механізм зворотного зв'язку.

Імітаційне моделювання роботи системи виконано у середовищі Python із використанням підходу дискретно-подієвої симуляції. У моделі було задано хмарне середовище з 5–15 вузлами та блокчейн-мережу з 10–20 вузлами. Інтенсивність навантаження змінювалася за ступінчастим сценарієм у діапазоні від 100 до 1000 запитів за одиницю часу з періодичними піковими значеннями. Оцінка показників проводилася шляхом визначення середніх значень *latency*, *throughput* і *fault tolerance* до та після застосування механізмів оптимізації.

У межах моделювання показник *fault tolerance* оцінювався як відсоток успішно оброблених запитів при штучному виведенні з ладу 10–20% вузлів системи. Для забезпечення достовірності результатів кожен сценарій моделювання повторювався 10 разів, після чого обчислювалися середні значення метрик та їх стандартне відхилення.

Для оцінки ефективності запропонованого підходу проведено порівняння з базовим методом реактивного масштабування, який використовує лише показник *latency* як тригер для зміни ресурсів. Встановлено, що застосування комбінованого критерію дозволяє зменшити кількість хибних спрацьовувань механізму масштабування приблизно на 10–15%, а також забезпечує більш стабільні значення *throughput*, що підтверджується зменшенням його варіативності.

Результати моделювання показали, що у хмарному середовищі застосування запропонованого підходу дозволяє зменшити середній час обробки запитів (*latency*) на 20–30% та підвищити *throughput* на 15–25% за рахунок динамічного масштабування ресурсів. У блокчейн-системах суттєвого зниження *latency* не зафіксовано через обмеження алгоритмів консенсусу, однак спостерігається зменшення коливань *throughput* і підвищення стабільності роботи мережі. Показник *fault tolerance* у таких системах залишається високим та демонструє меншу варіативність при зміні навантаження.

Отримані результати підтверджують, що використання метрик продуктивності в межах єдиного контуру керування дозволяє підвищити ефективність масштабування ІТ-систем. Запропонований підхід забезпечує адаптацію параметрів системи до змін навантаження та дозволяє підтримувати стабільний рівень її функціонування як у хмарних, так і в блокчейн-архітектурах.

Висновки

Розглянутий підхід до моніторингу та оптимізації масштабованості ІТ-систем дозволяє перейти від ізольованого використання окремих метрик до їх комплексного аналізу в межах єдиного контуру керування. Використання показників *latency*, *throughput* і *fault tolerance* у взаємозв'язку забезпечує більш точну оцінку стану системи та дає змогу формувати збалансовані рішення щодо її масштабування.

Запропонована модель демонструє можливість адаптації до різних типів архітектур. У хмарних середовищах це проявляється у зменшенні затримок обробки запитів і підвищенні пропускної здатності за рахунок динамічного керування ресурсами. У блокчейн-системах досягається стабілізація роботи мережі та зниження варіативності показників продуктивності, що пов'язано з урахуванням особливостей децентралізованої взаємодії вузлів.

Результати імітаційного моделювання підтверджують доцільність використання комбінованого критерію прийняття рішень, який дозволяє уникати конфліктів між окремими метриками та підвищує ефективність процесу масштабування. Запропонована модель може слугувати основою для подальшої програмної реалізації систем моніторингу та оптимізації масштабованості ІТ-систем у різних середовищах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Scalability in cloud computing: definition, examples, types, and more | oneadvanced [Електронний ресурс] // OneAdvanced | Business Management Software & Solutions. – Режим доступу: <https://www.oneadvanced.com/resources/scalability-in-cloud-computing-definition-examples-types-and-more/> (дата звернення: 20.04.2026). – Назва з екрана.
2. What is cloud scalability? | scaling computing | glossary [Електронний ресурс] // Hewlett Packard Enterprise (HPE). – Режим доступу: https://www.hpe.com/emea_middle_east/en/what-is/cloud-scalability.html (дата звернення: 20.04.2026). – Назва з екрана.
3. Масштабування | ethereum.org [Електронний ресурс] // ethereum.org. – Режим доступу: <https://ethereum.org/uk/developers/docs/scaling/> (дата звернення: 20.04.2026). – Назва з екрана.

Тишківська Вероніка Олександрівна – студентка факультету менеджменту та інформаційної безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, електронна пошта: tiskivskaveronika@gmail.com

Науковий керівник: **Грицак Анатолій Васильович** – кандидат технічних наук з ІТ та кібербезпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, електронна пошта: grytsak.a.v@gmail.com

Tyshkivska Veronika O. – Department of Information Systems Management and Security, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tiskivskaveronika@gmail.com

Supervisor: Hrytsak Anatoliy V. – candidate of Technical Sciences in IT and Cybersecurity, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: grytsak.a.v@gmail.com