

УДК 004

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2024-2-3>

Денис ГРИГОР'ЄВ

аспірант кафедри інформаційних технологій, Сумський державний університет, вул. Харківська, 116, м. Суми, Україна, 40007

ORCID: 0009-0006-1672-1920.

Вікторія АНТИПЕНКО

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій, Сумський державний університет, вул. Харківська, 116, м. Суми, Україна, 40007

ORCID: 0000-0001-8198-1848.

Scopus Author ID: 57216900907

Бібліографічний опис статті: Григор'єв, Д., Антипенко, В. (2024). Актуальні тенденції оптимізації процесів логування та моніторингу в хмарних системах. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2, 17–24, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-2-3>

АКТУАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЛОГУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГУ В ХМАРНИХ СИСТЕМАХ

Зростання популярності хмарних систем веде до посилення ролі процесів логування та моніторингу для забезпечення їхньої надійності, доступності та безпеки. Наразі вони дійсно мають важливе значення. **Мета роботи.** Ефективне застосування інструментів логування та моніторингу дозволяють розробникам та командам підтримки розуміти в реальному часі поведінку інформаційної системи, яка розгорнута в хмарі, та вчасно реагувати на виникаючі проблеми. У цій роботі проаналізовано сучасні тренди в даній сфері. **Методологія.** Досліджено існуючі рішення оптимізації процесів логування та моніторингу в хмарних системах. Проведено їх детальний аналіз. Виділено переваги та недоліки. Визначено наявні проблеми забезпечення належної оптимізації процесів логування та моніторингу в хмарних системах. Надано практичні рекомендації до покрокового подальшого їх вирішення. Представлене дослідження охоплює такі ключові аспекти як детальний огляд інфраструктури процесів логування та моніторингу (програмні стеки, хмарні платформи, SaaS-рішення), інструментів та платформ для імплементації цих систем (ELK Stack, CloudWatch, Azure Monitor) та їх автоматизації (AIOps, машинне навчання). **Наукова новизна.** Визначено, що сьогодні оптимізація процесів логування та моніторингу є критично важливою для хмарних систем, оскільки забезпечує надійність, високу доступність та безпечність інформаційних систем в хмарах. Запропоновано використовувати комплексний підхід впровадження систем логування та моніторингу, який повинен включати в себе фільтрацію логів, їх агрегування та стиснення, виявлення аномалій в логах та метриках, формування ключових показників ефективності (key performance indicators, KPI) для моніторингу відповідно до вимог інформаційної системи, завдання граничних значень для отримання сповіщень про можливі проблеми, проведення аналізу та візуалізації даних моніторингу, і передбачення відмов за допомогою машинного навчання. **Висновки.** Сьогодні оптимізація процесів логування та моніторингу в хмарних системах є одним із ключових факторів успішної діяльності сучасних організацій, які прагнуть до підвищення стабільності роботи інформаційних систем, підвищення рівня безпеки даних та забезпечення високої доступності таких систем. Отже, можна зробити висновок, що сучасні дослідження у сфері хмарних систем, які спрямовані на розробку нових моделей та інформаційної технології удосконалення виконання процесів логування та моніторингу в хмарних системах, мають значні перспективи розвитку.

Ключові слова: логування, моніторинг, хмарні системи, AIOps, машинне навчання, DevOps, ELK Stack, CloudWatch, Azure Monitor, SaaS-рішення.

Denys HRYHORIEV

Postgraduate Student of the Department of Information Technology of Sumy State University, 116, Kharkivska Str., Sumy, 40007, d.grygoriev@it.sumdu.edu.ua

ORCID: 0009-0006-1672-1920

Viktoriiia ANTYPENKO

Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technology, Sumy State University, 116, Kharkivska Str., Sumy, 40007, v.antypenko@cs.sumdu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-8198-1848

Scopus Author ID: 57216900907

To cite this article: Hryhoriev, D., Antypenko, V. (2024). Aktual'ni tendencii optimizatsii protsesiv logovaniya i monitoringa v khmarnykh sistemakh [Topical tendencies in optimizing logging and monitoring processes in cloud systems]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2, 17–24, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-2-3>

TOPICAL TENDENCIES IN OPTIMIZING LOGGING AND MONITORING PROCESSES IN CLOUD SYSTEMS

*The increasing popularity of cloud systems has led to a heightened role for logging and monitoring processes for ensuring their reliability, availability, and security. Currently these processes really have an essential importance. Effective use of logging and monitoring tools enables developers and support teams to understand the real-time behavior of cloud-deployed information systems and promptly respond to emerging issues. This paper analyzes current trends in this field. **The purpose of the work.** It investigates existing solutions for optimizing logging and monitoring processes in cloud systems. **The methodology.** Their detailed analysis was conducted. The advantages and disadvantages of these solutions were highlighted. Existing problems in ensuring proper optimization of logging and monitoring processes in cloud systems were identified. And practical recommendations for their step-by-step resolution were offered. The presented study covers such key aspects as a detailed overview of the infrastructure of logging and monitoring processes (software stacks, cloud platforms, SaaS solutions), tools and platforms for implementing these systems (ELK Stack, CloudWatch, Azure Monitor), and their automation (AIOps, machine learning). **The scientific novelty.** It is determined that today optimization of logging and monitoring processes is critically important for cloud systems, as it provides the reliability, high availability, and security of cloud-based information systems. A comprehensive approach to implementing logging and monitoring systems is offered, which should include log filtering, aggregation, and compression; anomaly detection in logs and metrics; the formation of key performance indicators (KPIs) for monitoring in accordance with the requirements of the information system; setting threshold values for receiving notifications about possible problems; analysis and visualization of monitoring data; and failure prediction using machine learning. **Conclusions.** Nowadays optimization of logging and monitoring processes in cloud systems is one of the key factors for the successful operation of modern organizations that strive to improve the stability of information systems, increase the level of data security, and ensure high availability of such systems. Therefore, it can be concluded that modern research in the field of cloud systems, which is aimed to develop new models and IT for improving the implementation of logging and monitoring processes in cloud systems, has significant prospects for development.*

Key words: logging, monitoring, cloud systems, AIOps, machine learning, DevOps, ELK Stack, CloudWatch, Azure Monitor, SaaS solutions.

Постановка проблеми. Інформаційні системи та технології сьогодні відіграють важливу роль у сучасному суспільстві. Збої в таких системах можуть призвести до значних і навіть катастрофічних проблем у цілих секторах економіки та вплинути на майже кожен ланку життєдіяльності людини. Наприклад, одні з останніх неполадок у додатку монобанку датовані 23 січня 2024 року (рис. 1) (Mono status, 2024) досить чітко дають зрозуміти важливість забезпечення високої доступності та надійності інформаційної системи.

Продовжуючи ряд прикладів виникнення помилок в інформаційних системах, можна згадати глобальний збій Facebook, Instagram, YouTube, WhatsApp, TikTok та багато інших месенджерів. Це відбулось через пошкодження 4 магістральних кабелів в Червоному морі, який стався 5 березня 2024 року (Mind.ua, 2024). Навіть такі гіганти ІТ індустрії як Google мали проблеми з працездатністю хмарної платформи Google Cloud у 2019 році. Це призвело до глобального збою систем, які розміщені в хмарі. І хоча життєвий цикл інформаційних систем та програмних продуктів, як їх частини,

спрямований запобігати відмовам в програмних продуктів (шляхом проведення тестування останніх, в тому числі автоматизованого тестування), розробники та команди підтримки таких інформаційних систем покладаються на моніторинг та логування, щоб зрозуміти як система поводить себе в реальному часі. Насправді, саме симбіоз функцій команд розробників та підтримки інформаційних систем призвів до виникнення окремого типу команд, так званих devops команд (Form, 2020), чиїм покликанням саме є забезпечення максимальної надійності, ефективності та відмовостійкості інформаційних систем і програмних продуктів, як її частини, у хмарі.

Як вже було сказано, одним із головних інструментів, якими оперують devops команди, є системи моніторингу та логування. Такі рішення, які в свою чергу, вже давно переросли у комплексні інформаційні системи, дозволяють в реальному часі визначати стан системи, фіксувати параметри працездатності, швидкодії, а також ті події, які відбуваються як ззовні так і у внутрішньому контурі інформаційної системи. Крім того, з урахуванням

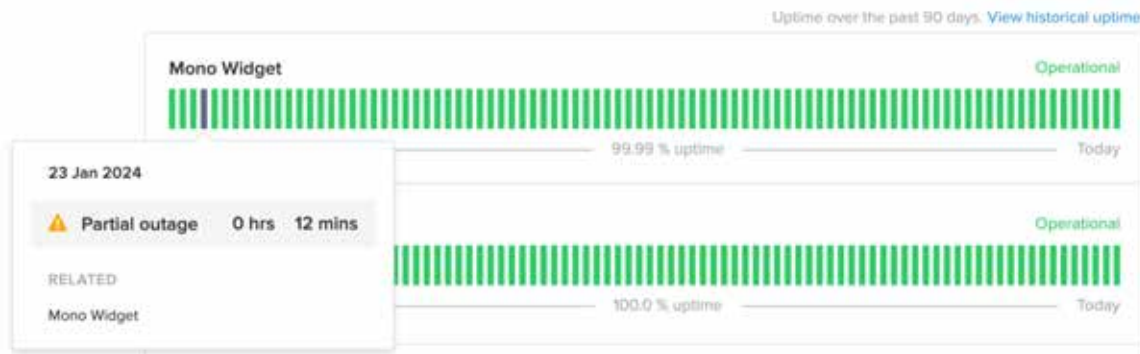


Рис. 1. Статус додатку монобанка

багатофункціональності даних, що генеруються великомасштабними системами у виробництві, та популяризації машинного навчання, зростає тенденція до використання штучного інтелекту для автоматизації операцій, що формує ще один напрям AIOps (Gartner, 2019).

Не зважаючи на багату екосистему готових до використання інструментів логуювання та моніторингу в хмарних системах, не існує єдиного універсального рішення, яке б задовольняє всі потреби, які виникають в сучасному процесі розвитку інформаційних систем та хмарних середовищ, а також підходів до їх розробки. Наприклад, розробники повинні приймати декілька рішень, які впливають на якість і корисність даних журналу (логів), наприклад, де розмістити записи журналу та яку інформацію включити в повідомлення журналу, які параметри швидкодії треба аналізувати, щоб зрозуміти чи виконує інформаційна система, поставлену перед нею задачу, як швидко виконує і яке навантаження може прийняти. Крім того, важливо враховувати конфіденційність інформації в записах журналу, ефективність зберігання їх даних та параметрів, щоб з одного боку мати ретроспективне уявлення про працездатність та ефективність роботи інформаційної системи, а з іншого боку знизити фінансове навантаження на підтримку даної системи. А отже, дослідження в напрямку удосконалення моделей та інформаційних технологій оптимізації процесів моніторингу та логуювання в хмарних системах є актуальними та заслуговують подальшого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Системи логуювання і моніторингу є активною областю досліджень, яка привертає увагу не лише науковців, а й практиків. Більшість зусиль зосереджена саме на техніках аналізу логів (Heitor, 2021). Дослідження функціонування систем логуювання підкреслюють важливість забезпечення розвитку інструментів для розробників, оскільки логуювання проводиться

пробно-помилковим способом. Частиною проблеми є відсутність вимог до логів. Коли вони чітко визначені, логувальні фреймворки можуть бути налаштовані під конкретний випадок використання (Zeng Y, 2019). І тоді стає можливим здійснення перевірки чи підходять згенеровані логи в даному випадку (Heitor, 2021). Однак, коли вимоги не є чіткими, розробники покладаються на власний досвід для прийняття рішень, пов'язаних із логуюванням. Хоча статичний аналіз корисний для передбачення потенційних проблем у логічних операторах, інші рішення щодо логуювання залежать від контексту вихідного коду (Wang, 2019). Дослідження в цій області показують можливість використання машинного навчання для вирішення цих завдань (Singh, 2023). Однак ще невідомо, які наслідки має впровадження таких інструментів для розробників. Для вирішення цих проблем потрібна подальша робота над питаннями забезпечення належної зручності використання, оптимізації фінансового навантаження, ефективності попередження відмов й інших операційних аспектів цих технік (Heitor, 2021).

Мета дослідження. Метою даного дослідження є поглиблений аналіз сучасного стану екосистеми логуювання та моніторингу, визначення відповідності між вимогами до таких систем і їх функціональним наповненням, встановлення переваг і недоліків існуючих рішень, а також визначення проблем, пов'язаних з ефективним використанням моніторингу та логуювання, які необхідно вирішити для підвищення надійності, відмовостійкості та безпечності інформаційної системи.

Для досягнення поставленої мети треба виконати наступні завдання:

- провести аналіз сучасних моделей та технологій оптимізації процесів логуювання та моніторингу в хмарних системах;
- виділити їхні переваги та недоліків, відповідність між вимогами з боку команд підтримки

та функціями, які реалізовані в системах логування та моніторингу;

- виділити нагальні проблеми у напрямку оптимізації процесів логування та моніторингу, які потребують рішення;

- узагальнити аналіз сучасних трендів та перспектив розвитку процесів логування та моніторингу, визначити напрямок власних подальших досліджень.

Викладення основного матеріалу дослідження. Останні роки відзначаються зростанням зацікавленості в проведенні досліджень, спрямованих на оптимізацію процесів логування та моніторингу в хмарних системах. Даний напрямок є досить актуальним, оскільки системи хмарного обчислення набувають все більшого значення в сучасному інформаційному середовищі. Надійність, доступність та безпека цих систем залежать від ефективного управління процесами логування та моніторингу.

Один із головних аспектів досліджень у цій області – це імплементація інфраструктури для систем логування та моніторингу. Інфраструктура, яка підтримує процес аналізу, відіграє важливу роль, оскільки аналіз даних логування та метрик із моніторингу може включати агрегацію та фільтрацію великого обсягу даних. Вимоги до інфраструктури обробки даних залежать від характеру аналізу та характеру даних журналу. Наприклад, популярні обробники журналів, такі як Logstash та Fluentd, надають регулярні вирази «із коробки», щоб видобувати дані з відомих форматів журналів популярних веб-серверів (наприклад, Apache Tomcat та Nginx). Однак систематизація записів журналів логування з неструктурованих даних у змістовну схему не є тривіальним завданням. Інфраструктура логування та моніторингу займається інструментальною підтримкою, необхідною для забезпечення подальшого аналізу даних. Наприклад, представлення даних може впливати на ефективність агрегації даних. Інші важливі питання включають можливість обробки журналів для аналізу в реальному часі або після нього та масштабованість для обробки зростаючого обсягу даних (Heitor, 2021).

Один із найпопулярніших інфраструктурних засобів логування та моніторингу є програмний стек ELK (Elasticsearch Logstash Kibana) (Трояновська, 2019). Він складається з трьох компонентів, кожен із яких відповідає за свій набір функціональності, а саме:

- Logstash – як вже було сказано вище, відповідає за збір, класифікацію та відправки записів журналу до сховища;

- Elasticsearch – інструмент, який дозволяє зберігати журнали, індексувати їх, та дозволяє швидко шукати потрібну інформацію з великого набору даних;

- Kibana – інструмент, який надає візуалізацію зібраним даних, дозволяє формувати графічне представлення та інтерфейс користувача для взаємодії з Elasticsearch.

Таке рішення є універсальним і інтегрується в будь-яку інфраструктуру інформаційної системи, але є ресурсоємним, що збільшує фінансове навантаження та створює додаткове навантаження на команди підтримки, з обслуговування даного стеку.

Хмарні середовища надають власні інфраструктурні рішення для реалізації задач логування та моніторингу інформаційних систем. Так один з найпопулярніших хмарних провайдерів AWS надає платний доступ до системи Cloudwatch, яка дозволяє відстежувати додатки, реагувати на зміни продуктивності, оптимізувати використання ресурсів та забезпечує аналітичною інформацією про працездатність системи (Sithiyopasakul, 2023). Збираючи дані про ресурси AWS, CloudWatch забезпечує контроль над продуктивністю всієї системи, дозволяє користувачам налаштовувати сповіщення та автоматичну реакцію на зміни, а також отримувати уніфіковане уявлення про працездатність системи.

Аналогом системи Cloudwatch у провайдера AWS є Azure Monitor у іншого популярного хмарного провайдера Azure від Microsoft, функціональність якого досить схожа на представлений інструмент AWS (Sithiyopasakul, 2023). Аналогічний інструмент представлений третім лідером ринку хмарних технологій Google Cloud і називається Cloud Operations Suite (Sithiyopasakul, 2023).

Пропріетарні інструменти хмарних середовищ мають великий потенціал і широкий спектр функцій для вирішення задач моніторингу та логування, але головним їх недоліком є “vendor lock”, тобто неможливість відмовитись від рішення, після її реалізація у даного провайдера, або зміна провайдера, а також ризик додаткових фінансових втрат у разі збільшення ціни за послугу, або переключення послуги з безкоштовною в платну.

Також, варто відмітити розвиток SaaS рішень, які надають послуги логування та моніторингу в хмарних системах. Представниками цього напрямку можуть бути такі гіганти як Newrelic (Newrelic, 2024), DataDog (Datadog, 2024), Dynatrace (Dynatrace, 2024). Такі рішення впроваджують найсучасніші функції штучного

інтелекту в аналізі логів та метрик моніторингу, інтегруються з більшістю хмарних систем, але вартість їх імплементації часто перевищує вартість імплементації всієї інформаційної системи загалом.

У таблиці 1 наведено систематизована інформація по існуючим хмарним системам логування та моніторингу.

Паралельно з розвитком моделей та інструментів оптимізації логування та моніторингу інформаційних систем у хмарному середовищі, активно досліджуються інформаційні технології, які дозволяють автоматизувати виконання ключових функцій у цих процесах. Автоматизація процесів виявлення аномалій спрямовані на пошук небажаних шаблонів у журнальних даних (логах), оскільки ручний аналіз є часомістким, схильним до помилок та неможливим у багатьох випадках. Значна частина досліджень у сфері логування спрямована на цей тип аналізу. Часто ці процеси спрямовані на виявлення проблем у програмних системах. На основі припущення, що «аномалія» є чимось, що варто досліджувати, вони здійснюють пошук аномальних слідів у журнальних файлах (Heitor, 2021).

Здатність передбачати відмови у критичних системах не тільки представляє конкурентну перевагу бізнесу, але й запобігає незворотнім наслідкам для нього. Прогнозування відмов можливе, коли вже є дані про аномальні події та їх причини. Однак воно відрізняється від виявлення аномалій у тому сенсі, що ідентифікація передумов незворотного стану вимагає висновків із аналізу причин. Цей підхід переносить моніторинг на прогресивний спосіб, а не реактивний, тобто коли проблема вже виникла. Дослідження в цій області ґрунтуються на статистичних і ймовірнісних моделях, від стандартного аналізу регресії до машинного навчання. Часто застосовують випадкові дані в журналах подій для прогнозування обслуговування обладнання (Wang, 2019). Також використовують системні журнали (із кластерів), щоб створити графі

причинно-наслідкових залежностей і прогнозувати відмови системи (Yang, 2023). Аналізують системні журнали (конкретніше, послідовності журналів) для прогнозування надійності системи за допомогою лінійних радіальних базисних функцій та багатоповиментних перцептронних навчань (Singh, 2023).

Аналіз сучасних інструментів моніторингу та логування у хмарних системах показав узагальнені тенденції і перспективи розвитку даної галузі, виявив основні виклики, із якими має справу процес їх імплементації. Одним із головних викликів є інтеграція різних інструментів логування та моніторингу для отримання прозорої та повноцінної картини працездатності інформаційної системи. У розробників і команди підтримки виникає проблема вибору між пропрієтарними інструментами хмарних провайдерів, спеціалізованими, але дорогими рішеннями, а також рішеннями, які неможливо реалізувати без специфічних знань та експоненціального збільшення інфраструктури інформаційної системи та витрат на їх утримання. Відсутність стандартизації у вимогах до розробників у формуванні записів журналу додатку створюють додаткові проблеми при класифікації даних, їх систематизації та аналізу. Навіть залучення штучного інтелекту та статистичних й ймовірнісних моделей не полегшує процес визначення аномалій у логах та попередження про відмови системи.

Важливим аспектом реалізації систем моніторингу та логування є забезпечення безпеки даних у хмарних сервісах, відповідність стандартам безпеки та регулятивним вимогам у сфері обробки даних. Недостатня увага до цього питання, може спричинити витік конфіденційної інформації, що в сучасній інформаційній епосі з високою ймовірністю призведе до не тільки репутаційних і фінансових втрат, а й до повного припинення роботи підприємства.

Для забезпечення оптимізації процесів моніторингу та логування важливо сформулювати

Таблиця 1

Хмарні системи логування та моніторингу

Характеристика/ Хмарні системи логування та моніторингу	Хмарні рішення	SaaS рішення	On premises рішення
Приклади	AWS Cloudwatch, Azure Monitor, Cloud operations Suite	Datadog, Newrelic, Dynatrace	ELK, Graylog, Prometheus Stack
Вартість впровадження	Не висока	Висока	Не висока
Складність впровадження	Не висока	Висока	Висока
Функціональні можливості	Досить широкі	Дуже широкі	Умовно широкі
Вендор лок	Так	Так	Ні

стратегію впровадження системи, яка б відповідала сучасним вимогам та стандартам. Вона може включати в себе елементи автоматизація впровадження компонентів системи моніторингу та логування, комбінації пропрієтарних хмарних рішень та програмних продуктів із відкритим кодом. Важливим аспектом такої стратегії є можливість інтеграція зі спеціалізованими системи моніторингу і логування, використання систем штучного інтелекту та статистичних і ймовірнісних моделей, які забезпечують комплексне бачення інфраструктури інформаційної системи.

Використовуючи інструменти для інфраструктури як коду (IaC) та контейнеризацію додатків (HashiCorp, 2024) можна підготувати шаблон комплексної системи моніторингу та логування (принципова схема роботи IAC наведена на рисунку 2). Він повинен включати необхідні елементи, виходячи з вимог які ставляться до таких інструментів. Це б дозволило інтегрувати рішення з широким спектром хмарних середовищ, спростити мігрування системи між ними, а також масштабувати рішення за потреби. Таке підхід дасть змогу автоматично збільшувати або зменшувати ресурси відповідно до потреб інформаційної системи, забезпечуючи найвищу продуктивність і ефективність, оптимізуючи при цьому фінансові витрати. Окрему уваги треба звернути на можливість

опціонального включення тих чи інших компонент даної системи, оскільки використання елементів пропрієтарних систем моніторингу та логування в хмарних середовищах буде залежати від вибору того чи іншого хмарного провайдера.

Сучасний швидкий розвиток інформаційних технологій ставить завдання не тільки використовувати існуючі інструменти, але й впроваджувати нові, які б відповідали зростаючим вимогам до надійності, відмовостійкості, безпеки та прозорості інформаційних систем. Тому треба зосередитись на розширенні функціональності систем моніторингу та логування шляхом автоматизації процесу їх впровадження та масштабування, та подальшої оптимізації.

Згідно всьому вищезазначеному, стає зрозумілим той факт, що сучасні дослідження в області оптимізації процесів логування та моніторингу в хмарних системах мають значні перспективи розвитку, а саме розробку удосконалених моделей та інформаційної технологій для забезпечення прозорості, надійності та відмовостійкості інформаційних систем у хмарних середовищах.

Висновки. Логування та моніторинг є критично важливими процесами, які потребують оптимізації для забезпечення надійності, доступності та безпеки хмарних систем. Основними вимогами до таких систем є:

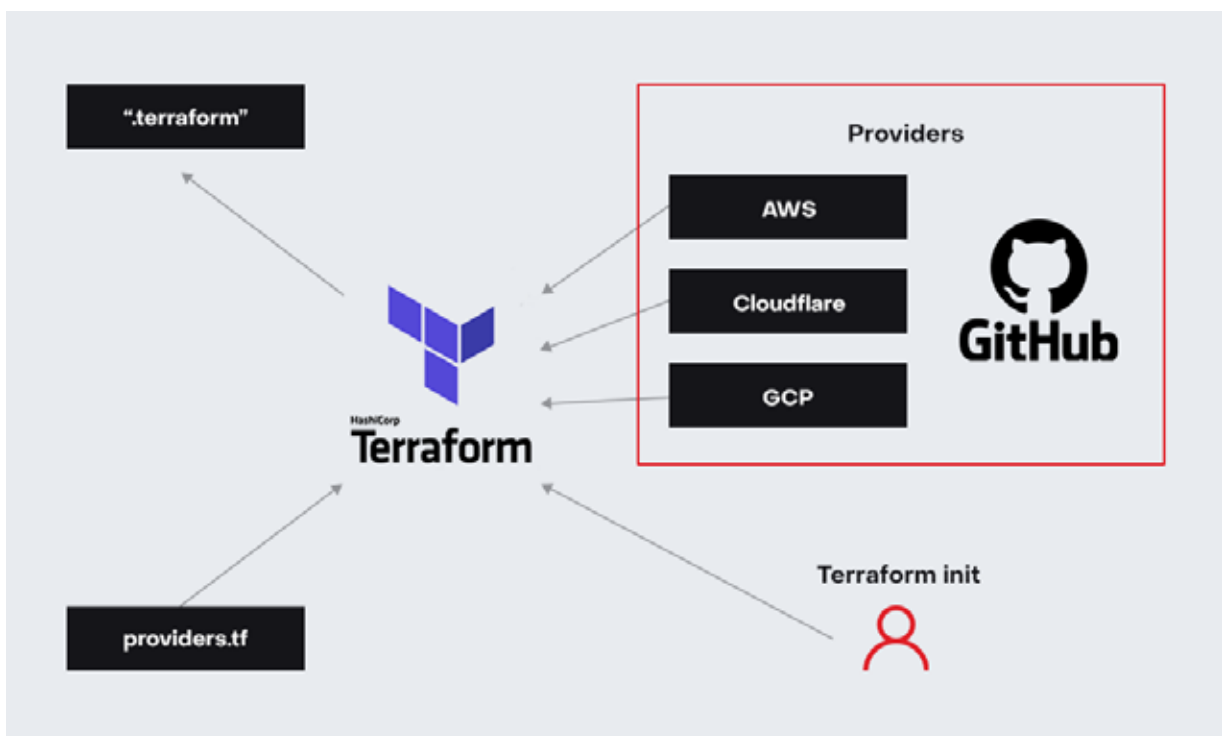


Рис. 2. Принципова схема роботи Iac

- 1) для логування це:
 - фільтрація: збирати лише ту інформацію, яка дійсно потрібна;
 - агрегування: зменшення обсягу інформації, яка зберігається, і спрощення аналізу.
 - стиснення: зменшення обсягу та економія місця для зберігання логів.
 - можливість ідентифікації аномалій;
 - 2) для моніторингу:
 - можливість формування KPI відповідно до вимог інформаційної системи;
 - змога задання граничних значень для отримання сповіщень про можливу проблему;
 - можливість проведення як аналізу даних моніторингу, так і їхню візуалізацію.
 - можливість передбачати відмови.
- Загальними тенденціями сучасних досліджень є зростання використання AIOps для

автоматизації операцій з логуванням та моніторингом, розвиток моделей машинного навчання для більш точного аналізу та прогнозування та перехід від реактивного до проактивного моніторингу для запобігання та передбачення проблем.

Оптимізація процесів моніторингу та логування дозволить зменшити вірогідність збоїв в хмарних системах, а також зменшити наслідки для економіки та життя людей. Ефективне використання цих систем допоможе розробникам та командам підтримки розуміти, як система поводить себе в реальному часі, та реагувати на проблеми.

Імплементация систем моніторингу та логування стає невід'ємною частиною інформаційних систем з ростом популярності хмарних систем.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Mono status – uptime history. Mono Status. URL: <https://status.mono.co/uptime?page=2> (date of access: 25.04.2024).
2. Глобальний збій інтернету по всьому світу стався через пошкодження хуситами кабелів у Червоному морі – AP. Mind.ua. URL: <https://mind.ua/news/20270513-globalnij-zbij-internetu-po-vsomu-svitu-stavsya-через-poshkodzhennya-husitami-kabeliv-u-chervonomu-mori> (дата звернення: 25.04.2024).
3. Form N., Richards M. Fundamentals of Software Architecture: A Comprehensive Guide to Patterns, Characteristics, and Best Practices. O'Reilly, 2020. 500 p.
4. Gartner. (2019). AIOps Platforms. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-08-06-gartner-identifies-five-emerging-trends-that-will-drive-aiops-platforms-to-the-mainstream> (дата звернення: 25.04.2024).
5. Heitor R., Pimentel J., Gomes P., Fonseca B. Log-based software monitoring: a systematic mapping study. PeerJ Computer Science, 2021. 7(5), e489.
6. Zeng Y, Chen J, Shang W, Chen T-HP. Studying the characteristics of logging practices in mobile apps: a case study on f-droid. Empirical Software Engineering. 2019. 24(6):3394–3434.
7. Wang J., Li C., Han S., Sarkar S., Zhou X. Predictive maintenance based on event-log analysis: a case study. IBM Journal of Research and Development, 2019. 61(1), 11:121–11:132. DOI: 10.1147/JRD.2017.2654301
8. Singh S. P., Ansari M. A., Kumar L. Analysis of Website in Web Data Mining using Web Log Expert Tool. 2023 IEEE 12th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT), Bhopal, India, 8–9 April 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/csnt57126.2023.10134696> (дата звернення: 26.04.2024).
9. Трояновська, Т. І., Савицька, Л. А., Комаров, В. Л. Засоби та модель моніторингу даних мікросервісної системи. Наукові праці ВПІ НТУУ “КПІ”, 2019. 4(66), 80–88.
10. Performance Evaluation of Infrastructure as a Service across Cloud Service Providers / S. Sithiyopasakul et al. 2023 International Electrical Engineering Congress (IEECON), Krabi, Thailand, 8–10 March 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/ieecon56657.2023.10127100> (дата звернення: 26.04.2024).
11. Monitor, Debug and Improve Your Entire Stack. New Relic. URL: <https://newrelic.com/> (дата звернення: 26.04.2024).
12. Cloud Monitoring as a Service | Datadog. Datadog. URL: <https://www.datadoghq.com/> (дата звернення: 26.04.2024).
13. Dynatrace | Modern cloud done right. Dynatrace. URL: <https://www.dynatrace.com/> (дата звернення: 26.04.2024).
14. Grafting log analysis method of power data based on multi-layer clustering / C. Yang et al. 2023 5th International Conference on Frontiers Technology of Information and Computer (ICFTIC), Qiangdao, China, 17–19 November 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/icftic59930.2023.10456321> (дата звернення: 26.04.2024).

15. What is Terraform | Terraform | HashiCorp Developer. What is Terraform | Terraform | HashiCorp Developer. URL: <https://developer.hashicorp.com/terraform/intro> (дата звернення: 26.04.2024).

REFERENCES:

1. Mono status – uptime history. Mono Status. Retrieved from: <https://status.mono.co/uptime?page=2> (date of access: 25.04.2024).
2. A global internet outage occurred worldwide due to Houthi damage to cables in the Red Sea. – AP. Mind. ua. Retrieved from: <https://mind.ua/news/20270513-globalnij-zbij-internetu-po-vsomu-svitu-stavsyia-cherez-poshkodzhennya-husitami-kabeliv-u-chervonomu-mori> (date of access: 25.04.2024).
3. Form, N. & Richards, M. (2020). *Fundamentals of Software Architecture: A Comprehensive Guide to Patterns, Characteristics, and Best Practices*. O'Reilly, 500 p.
4. Gartner. (2019). AIOps Platforms. Retrieved from: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-08-06-gartner-identifies-five-emerging-trends-that-will-drive-aiops-platforms-to-the-mainstream> (date of access: 25.04.2024).
5. Heitor, R., Pimentel, J., Gomes, P., & Fonseca, B. (2021). Log-based software monitoring: a systematic mapping study. *PeerJ Computer Science*, 7(5), e489.
6. Zeng, Y., Chen, J., Shang, W. & Chen, T-HP. (2019). Studying the characteristics of logging practices in mobile apps: a case study on f-droid. *Empirical Software Engineering* 24(6):3394–3434.
7. Wang, J., Li, C., Han, S., Sarkar, S., & Zhou, X. (2019). Predictive maintenance based on event-log analysis: a case study. *IBM Journal of Research and Development*, 61(1), 11:121–11:132. DOI: 10.1147/JRD.2017.2654301
8. Singh, S. P., Ansari, M. A. & Kumar, L. (2023). Analysis of Website in Web Data Mining using Web Log Expert Tool. 2023 IEEE 12th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT), Bhopal, India, 8–9 April 2023. Retrieved from: <https://doi.org/10.1109/csnt57126.2023.10134696> (date of access: 26.04.2024).
9. Troianovska, T. I., Savitska, L. A., & Komarov, V. L. (2019). Zasoby ta model' monitorynhu danykh mikroservisnoyi systemy [Means and model of data monitoring of a microservice system]. *Naukovi pratsi VPI NTUU "KPI"* [in Ukrainian].
10. Performance Evaluation of Infrastructure as a Service across Cloud Service Providers / S. Sithiyopasakul et al. 2023 International Electrical Engineering Congress (IEECON), Krabi, Thailand, 8–10 March 2023. 2023. Retrieved from: <https://doi.org/10.1109/ieecon56657.2023.10127100> (дата звернення: 26.04.2024).
11. Monitor, Debug and Improve Your Entire Stack. New Relic. Retrieved from: <https://newrelic.com/> (date of access: 26.04.2024).
12. Cloud Monitoring as a Service | Datadog. Datadog. Retrieved from: <https://www.datadoghq.com/> (date of access: 26.04.2024).
13. Dynatrace | Modern cloud done right. Dynatrace. Retrieved from: <https://www.dynatrace.com/> (date of access: 26.04.2024).
14. Grafting log analysis method of power data based on multi-layer clustering / C. Yang et al. 2023 5th International Conference on Frontiers Technology of Information and Computer (ICFTIC), Qiangdao, China, 17–19 November 2023. 2023. Retrieved from: <https://doi.org/10.1109/icftic59930.2023.10456321> (date of access: 26.04.2024).
15. What is Terraform | Terraform | HashiCorp Developer. What is Terraform | Terraform | HashiCorp Developer. Retrieved from: <https://developer.hashicorp.com/terraform/intro> (date of access: 26.04.2024).