

УДК 004

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2024-2-17>

Володимир ТКАЧЕНКО

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

ORCID: 0009-0009-1430-2476

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: Ткаченко, В., Антипенко, В. (2024). Сучасні тенденції автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків для хмарних систем. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2, 134–141, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-2-17>

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ІНФРАСТРУКТУРОЮ ТА КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЄЮ ДОДАТКІВ ДЛЯ ХМАРНИХ СИСТЕМ

Хмарні технології трансформують ІТ-ландшафт, пропонуючи організаціям гнучкість, масштабованість та економічну вигоду. Проте, ефективне використання хмар потребує не лише впровадження відповідних платформ, але й ретельного управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків. Ця задача ускладнюється з ростом обсягів даних, масштабування інформаційних систем та динамічністю розвитку сучасних інформаційних технологій. **Мета роботи.** Автоматизація управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків дозволить покращити гнучкість, розширюваність, надійність та безпеку хмарних систем. Її застосування принесе значну користь організації. Завдяки автоматизації можна знизити ймовірність виникнення ризику появи людських помилок у процесі розміщення та оновлення сервісів, прискорити розгортання додатків, удосконалити моніторинг інформаційних систем та спростити їх масштабування. **Методологія.** Існує ряд практик і патернів для здійснення цього, наприклад, IaC, контейнеризація, мікросервісна архітектура, платформи оркестрації контейнерів, різні інструменти моніторингу тощо. Однак вибір відповідних рішень насамперед залежить від запитів і ресурсів конкретного підприємства. Важливо ретельно оцінити зазначені потреби, визначити відповідні технології та засоби, а також мати кваліфікованих фахівців для їх введення та підтримки. **Наукова новизна.** Впровадження автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків є одним із ключовим факторів успіху для організацій, які прагнуть до ефективного використання хмарних технологій. Дана тенденція має значні перспективи розвитку. Важливо стежити за актуальними дослідженнями в цій сфері та впроваджувати сучасні інноваційні напрацювання. Це дозволить максимально використовувати переваги автоматизації для підвищення ефективності роботи та конкурентоспроможності підприємства загалом. **Висновки.** На даний момент існує певна кількість технологій, використання яких дозволяє автоматизувати процеси розгортання додатків та управління інфраструктурою в межах хмарних систем. Однак кожна з них має як свої переваги, так і недоліки. У рамках цього дослідження авторами було проведено аналіз цих існуючих рішень, зроблено висновки щодо доречності їхнього застосування згідно сучасних вимог мікросерверної архітектури, і надано аргументоване підґрунтя для розробки удосконалених моделей та інформаційної технології автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків для хмарних систем.

Ключові слова: хмарні технології, автоматизація управління, інфраструктура як код (IaC), контейнеризація, мікросервісна архітектура, платформи оркестрації контейнерів, моніторинг та аналітика, гнучкість, масштабованість, надійність

Volodymyr TKACHENKO

Postgraduate Student of the Department of Information Technology of Sumy State University, 116, Kharkivska Str., Sumy, Ukraine, 40007, v.tkachenko@cs.sumdu.edu.ua

ORCID: 0009-0009-1430-2476

Viktoriiia ANTYPENKO

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

ORCID: 0000-0001-8198-1848

Scopus Author ID: 57216900907

To cite this article: Tkachenko, V., Antypenko, V. (2024). Suchasni tendentsii avtomatyzatsii upravlinnia infrastrukturoiu ta konteinerizatsiieiu dodatkiv dlia khmarnykh system [Current tendencies in management automation of infrastructure and application containerization for cloud systems], *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2, 134–141, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-2-17>

CURRENT TENDENCIES IN MANAGEMENT AUTOMATION OF INFRASTRUCTURE AND APPLICATION CONTAINERIZATION FOR CLOUD SYSTEMS

Cloud technologies are transforming the IT landscape, offering organizations flexibility, scalability, and economic benefit. However, the effective use of clouds requires not only the implementation of appropriate platforms but also meticulous management of infrastructure and application containerization. This task becomes more complex with the growth of data volumes, scaling of information systems, and the dynamic development of modern information technologies. **The purpose of the work.** Management automation of infrastructure and application containerization can enhance the flexibility, expandability, reliability, and security of cloud systems, providing the organization with significant benefits. Thanks to automation, it is possible to reduce the risk of human errors in the process of deploying and updating services, speed up application deployment, improve monitoring of information systems, and simplify their scaling. **The methodology.** There are various practices and patterns to accomplish this, such as Infrastructure as Code (IaC), containerization, microservice architecture, container orchestration platforms, and various monitoring tools. Nevertheless, the choice of appropriate solutions primarily depends on the specific demands and resources of the certain enterprise. It is important to carefully assess these needs, select proper technologies and tools, and be staffed with skilled experts for their introduction and support. **The scientific novelty.** The implementation of management automation of infrastructure and application containerizing is one of key success factors for organizations aiming to achieve effective use of cloud technologies. This tendency has significant development prospects. It is essential to keep up with current research in this field and to implement modern innovative investigation results. This will maximize the advantages of automation for improving operational efficiency and enterprise competitiveness in general. **Conclusions.** Currently, there is a certain number of technologies, the use of which allows the automation of infrastructure management and application deployment within cloud systems. However, each of them has its advantages and disadvantages. Within this study, the authors analyzed these existing solutions, made conclusions about the appropriateness of their application in accordance with the modern requirements of microserver architecture, and provided a reasoned basis for the development of improved models and information technology for the management automation of infrastructure and application containerization for cloud systems.

Key words: cloud technologies, management automation, Infrastructure as Code (IaC), containerization, microservice architecture, container orchestration platforms, monitoring and analytics, flexibility, scalability, reliability.

Актуальність проблеми. Хмарні технології сьогодні стали невід'ємною частиною сучасного бізнесу, наукової діяльності, навчання, та загалом відіграють значну роль у життєдіяльності нашої держави. Вони пропонують різним організаціям гнучкість при виборі технологій для побудови сервісів, масштабованість інформаційних систем та економічну вигоду. Підприємства будь-якого розміру та сфери діяльності використовують хмарні системи для зберігання даних, розгортання додатків, здійснення моніторингу й аналізу використання ресурсів і бюджетів тощо. Однак, ефективне їх використання потребує не лише впровадження відповідних платформ. Важливим також є ретельне управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків. Ця складна задача стає особливо актуальною з ростом обсягів даних, масштабуванням систем та динамічністю сучасного ІТ-середовища. Традиційні методи ручного управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків не завжди справляються з цими задачами. Вони часто не є економічними, гнучкими та масштабованими. Їх використання

може призвести до певних проблем. Наприклад, до виникнення людських помилок, затримок в розгортанні сервісів, складнощів у моніторингу ресурсів, ускладнення масштабування систем тощо. Автоматизація управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків пропонує ряд переваг, які можуть допомогти підприємствам підвищити ефективність роботи, гнучкість та розширення своїх хмарних систем. Це зниження ймовірності виникнення ризику появи людських помилок, прискорення розгортання додатків, удосконалення процесу моніторингу та просте масштабування процесів та сервісів.

На сьогоднішній день існують такі сучасні рішення, які використовуються для автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків в хмарних системах:

- інфраструктура як код (IaC);
- контейнеризація;
- мікросервісна архітектура;
- платформи оркестрації контейнерів.

Їх застосування в цілому може допомогти підприємствам збільшити ефективність роботи

своїх хмарних систем, знизити витрати та підвищити конкурентну перевагу. Однак важливо зазначити, що впровадження автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків не є універсальним рішенням всіх проблем. Вона може допомогти виправити ряд складностей. Насамперед пов'язаних саме з управлінням хмарними системами. Однак все це потребує детального планування, впровадження та підтримки. Підприємства, які прагнуть до успішного застосування автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків, повинні виконати певні заходи. Це ретельно оцінити свої потреби, вибрати відповідні технології та інструменти, а також мати кваліфікованих експертів для введення та підтримки таких систем. Впровадження автоматизації процесів розгортання мікросервісів може стати ключовим фактором успіху для організацій, які прагнуть до ефективного використання хмарних технологій. Тому дослідження пов'язані з розробкою удосконалених моделей та інформаційних технологій автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків для хмарних систем мають перспективи розвитку через значний ріст застосування останніх не тільки в сфері бізнесу, а й у багатьох інших галузях сучасного світу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день хмарні технології стрімко розвиваються, що, у свою чергу, веде до зростання попиту на застосування ефективних методів автоматизованого управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків. Дослідники постійно розробляють нові моделі та інструменти для цього. Такі результати роблять дану сферу все більш гнучкою та автоматизованою. Наприклад, в роботі (Murphy, 2022) розглянуто інфраструктуру як код (IaC). Вона стає дедалі популярним методом автоматизації розгортання та управління інформаційною інфраструктурою, у тому числі при використанні в хмарних системах. Прогнозується, що до 2025 року 90% організацій застосовуватимуть IaC. Регулярно світу стають доступні все нові моделі IaC. Вони використовують машинне навчання для автоматизації рутинних завдань. Це свідчить про значний потенціал для подальшого розвитку IaC.

Контейнеризація з використанням платформ, таких як Docker і Kubernetes, стала стандартом для розгортання та масштабування додатків (Morris, 2021). Docker, завдяки своїй простоті та універсальності, завоював широку популярність. Kubernetes, із іншого боку, зарекомендував себе як надійна платформа для

оркестрації складних контейнеризованих систем (Manvi, 2021). Дослідники також розробляють нові технології контейнеризації, які покращують безпеку та ізоляцію самих контейнерів.

Мікросервісна архітектура, де додатки розбиваються на дрібні, незалежні служби, стає все більш загальноживаною завдяки своїй гнучкості та розширюваності. Netflix, наприклад, продемонстрував успішне використання мікросервісів для масштабування своєї платформи (Lewis, 2014). AWS Lambda пропонує платформу для розгортання мікросервісів без серверів, що суттєво спрощує процес розробки та деплоймент додатків.

Визначення мети дослідження. Сучасний динамічний світ інформаційних технологій ставить перед підприємствами будь-якого масштабу та сфери діяльності нові виклики, пов'язані з ефективним використанням хмарних систем. Зростання обсягів даних, розширюваність таких систем та динамічність середовища потребують нових рішень для вдосконалення автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків.

Мета даної роботи заключається в проведенні комплексного аналізу та узагальненні актуальних моделей та інструментів автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків для хмарних систем. Виділенні їхніх переваг і недоліків. Визначенні проблем, які варто вирішити для забезпечення належної автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків для хмарних систем, що дозволить підвищити ефективність їхньої роботи та надасть конкурентну перевагу організації загалом.

Ключові завдання представленого дослідження є наступними:

- проведення аналізу сучасних моделей та інструментів автоматизованого управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків для хмарних систем;
- оцінка їхніх переваг та недоліків, урахувавши функціональні можливості, архітектуру, простоту використання, масштабованість, безпеку та вартість;
- визначення поточних проблем автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків у хмарних системах;
- формування чіткого бачення перспектив розвитку автоматизації виконання процесів у цій сфері, визначення головних тенденцій і напрямків подальших досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі аналізу останніх досліджень і публікацій було визначено, що хмарні

технології глибоко інтегрувалися в сучасне життя. Автоматизація управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків – це один із ключових процесів хмарних систем, який організовує належне використання ресурсів, підвищує їхню ефективність та забезпечує надійність роботи з ними. Саме його буде розглянуто далі.

Так IaC застосовує декларативні методи для опису та управління хмарною інфраструктурою. Це автоматизує такі завдання, як провізювання серверів, налаштування мереж, конфігурування балансувальників навантаження та розгортання додатків. Переваги застосування IaC є такими:

- повторюваність: IaC гарантує послідовність та уніфікованість налаштування інфраструктури, усуваючи помилки ручного налаштування;
- масштабованість: IaC дозволяє легко масштабувати інфраструктуру за потребою, автоматично додаючи або видаляючи ресурси;
- ефективність: IaC скорочує час, необхідний для управління інфраструктурою, звільняючи IT-персонал для залучення їх на виконання більш стратегічних завдань;
- відстеження: IaC забезпечує прозорість та аудит, дозволяючи відстежувати зміни в інфраструктурі та їх вплив.

Також зараз існує ряд наступних інформаційних технологій IaC:

- Terraform: де-факто стандарт IaC, який підтримує широкий спектр хмарних провайдерів та ресурсів (HashiCorp, 2018);
- Ansible: гнучкий інструмент автоматизації, який використовує YAML-сценарії для управління інфраструктурою та додатками (Ansible, 2024);
- Chef: системи управління конфігурацією, який пропонує потужний набір функцій для управління складними інфраструктурами (Chef,).

Однак вищезазначені рішення мають власні недоліки. Так, наприклад, Terraform є складним для освоєння початківцями через свою декларативну природу та синтаксис, є не таким гнучким, як Ansible, і може не підходити для всіх сценаріїв використання. Ansible залежить від SSH [8] для зв'язку з серверами, що може бути проблемою в деяких середовищах та призвести до складнощів у масштабуванні для великих інфраструктур. Chef має круту криву навчання через свою складну архітектуру та набір функцій, а також є надмірним для простих сценаріїв використання.

Мікросервіси – це архітектурний стиль програмного забезпечення, який передбачає

розробку додатку як набору невеликих, незалежних служб. Останні спілкуються між собою через прості інтерфейси та можуть бути створені, розгорнуті та масштабовані незалежно один від одного. Одним із основних методів розробки та деплоювання мікросервісів є контейнеризація додатків.

Контейнеризація додатків – це метод пакування додатків та їх залежностей в ізольовані середовища. Вони називаються контейнерами. Це дозволяє запускати додатки в будь-якому середовищі, незалежно від базової системи, забезпечуючи портативність та послідовність. Переваги використання контейнеризації є такими:

- ізоляція: контейнери ізолюють додатки один від одного, запобігаючи конфліктам та забезпечуючи безпеку;
- портативність: контейнери можна запускати на будь-якій платформі, яка підтримує контейнерну технологію;
- масштабованість: контейнери легко масштабувати, додаючи або видаляючи екземпляри контейнерів за потребою;
- ефективність: контейнери розгортаються та запускаються швидше, ніж традиційні програми.

Основні інформаційні технології, які застосовуються в контейнеризації, є такі:

- Docker [9]: найпоширеніша платформа контейнеризації з відкритим кодом, яка пропонує широкий спектр функцій та інструментів;
- Kubernetes [10]: платформа оркестрації контейнерів, яка автоматизує розгортання, масштабування та управління контейнеризованими додатками. На рисунку 1 показана схема взаємозв'язків компонентів Kubernetes;
- Red Hat OpenShift [11]: підприємницька платформа контейнеризації, побудована на Kubernetes, яка пропонує додаткові функції безпеки та управління.

Однак згадані вище рішення мають слабкі сторони. Так великі контейнери Docker можуть суттєво навантажувати систему, що робить їх не найкращим вибором для ресурсомістких завдань. Kubernetes має складну архітектуру та набір функцій, що робить його складним для вивчення та початкового налаштування, а управління великими кластерами Kubernetes може бути складним завданням, яке потребує знань та досвіду. Red Hat OpenShift – це платформа з платним ліцензуванням, на відміну від безкоштовних платформ із відкритим кодом. Також слід зазначити, що для простих кейсів використання деякі функції OpenShift можуть бути надмірними та не потрібними, що робить

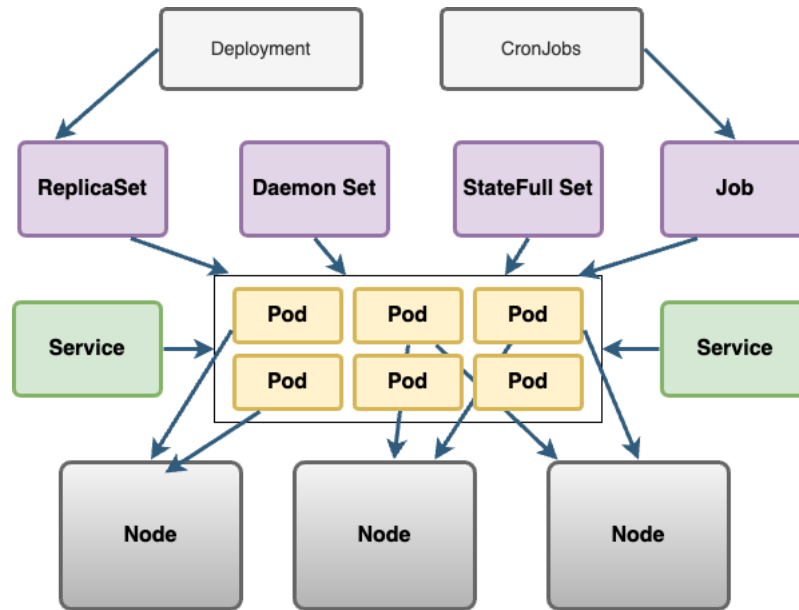


Рис. 1. Схема роботи Kubernetes

платформу занадто складною. Порівняння цих характеристик зазначені в таблиці 1.

Оскільки організації все ще мігрують до хмари, має місце поява передових практик та еволюція інструментів для удосконалення проведення хмарних обчислень. Один із ключових фокусів – управління хмарними витратами. Використання зарезервованих екземплярів, удосконалення автомасштабування та моніторинг ресурсів – все це допомагає контролювати витрати на хмарні послуги. Інший сучасний аспект – це безпека хмари. Впровадження таких політик як найменші привілеї, управління доступом на основі ідентифікації (IAM) [12] та мікросегментація мережі захищають хмарні середовища. Крім того, безсерверні (serverless) архітектури [13] набирають популярності. Їх застосування надає можливість розробникам зосередитися на функціональності коду, а не на управлінні інфраструктурою. AWS Lambda, Azure Functions та Google Cloud Functions є прикладами популярних безсерверних платформ [14]. Подальший розвиток і впровадження

штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання [15] в хмарні системи також заслуговує на увагу. ШІ використовується для прогнозного масштабування, автоматичного виявлення інцидентів, підвищення продуктивності додатків та забезпечення персоналізованих рекомендацій.

Як видно з вищезазначеного, використання ІаС для автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків із платформами, такими як Docker та Kubernetes, стає невід’ємною частиною сучасних хмарних систем. Ці технології дійсно дозволяють ІТ-командам бути гнучкими, належним чином масштабувати інфраструктуру та швидко реагувати на мінливі бізнес-потреби за рахунок економії часу, ресурсів, та забезпечуючи надійність інформаційних систем.

Аналіз існуючих інструментів для інфраструктури як коду (ІаС) та контейнеризації додатків виявив декілька основних викликів. Одним із найбільш важливих є складність їх використання початківцями. Деякі з розглянутих інструментів, які використовуються в цій

Таблиця 1

Порівняння характеристик систем що використовуються в контейнеризації

Характеристика/назва програмного продукту	Docker	Kubernetes	Red Hat OpenShift
Простота розгортання	+	-	-
Складність підтримки	-	+	+
Використання в якості систем розробки	+	+	-
Використання в якості продуктивної системи	-	+	+
Гнучкість	-	+	+
Масштабованість	-	+	+
Безкоштовна платформа	+	+	-

області, можуть мати складний синтаксис або потребувати від користувача глибокого розуміння підходів до управління інфраструктурою. Це може стати перешкодою. Особливо для тих, хто тільки починає знайомитися з інструментами автоматизації розгортання хмарної інфраструктури.

Крім того, виникають складнощі з обмеженістю або навантаженістю деяких інструментів. Це дійсно становить серйозні проблеми. Наприклад, використання великих контейнерів або запуск складних програм у деяких контейнерних системах робить імовірним перевантаження обчислювальних ресурсів. Це, в свою чергу, може викликати збої або зниження швидкості роботи всього середовища.

Для забезпечення ефективності використання описаних рішень, важливо розробити стратегію для спрощення процесу введення нових користувачів. Це може включати в себе створення більш дружньої документації та ресурсів для навчання. Також має місце спрощення синтаксису або інтерфейсів користувача. Крім того важливо розглянути розробку інструментів або інтеграцію з існуючими рішеннями для автоматизації рутинних операцій та управління інформаційними системами в хмарних середовищах.

Сучасний швидкий розвиток хмарних технологій ставить завдання не тільки адаптації існуючих технологій до актуальних змін, але й розробки нових рішень, які відповідають зростаючим вимогам до безпеки, ефективності та гнучкості управління хмарною інфраструктурою. Перш за все, необхідно зосередитись на розширенні функціональності інструментів автоматизації для забезпечення високої сумісності з різними хмарними платформами. Це включає інтеграцію з широким спектром хмарних сервісів, що дозволяє користувачам легко переносити та масштабувати свої додатки між різними хмарними середовищами без значних модифікацій коду чи конфігурації. На наступному етапі важливим є розробка удосконалених механізмів безпеки, зокрема, шляхом впровадження автоматизованих інструментів для раннього виявлення загроз і швидкого реагування на них у хмарних середовищах. Це може включати застосування штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу поведінки систем та виявлення аномалій, які можуть вказувати на потенційні вразливості чи атаки. Також, особлива увага повинна бути приділена удосконаленню процесу управління ресурсами. Зокрема в контексті можливості системи автоматично збільшувати

або зменшувати ресурси відповідно до потреб користувача, забезпечуючи найвищу продуктивність і ефективність роботи без надмірних витрат. Автоматизація процесів розгортання та масштабування контейнеризованих додатків має забезпечити можливість швидкого збільшення або зменшення ресурсів відповідно до зміни навантаження на додатки, що є досить критичним для удосконалення процесу використання обчислювальних ресурсів і зниження витрат.

Крім того особливу увагу варто приділити інтеграції автоматизованих інструментів із системами моніторингу та аналітики даних. Вона відіграє важливу роль у створенні прозорих та ефективних хмарних середовищ. Аналітика в реальному часі дозволяє їх адміністраторам вчасно виявляти та вирішувати проблеми, а також коригувати певні процеси, що дозволяє підтримувати високий рівень продуктивності та доступності сервісів.

Таким чином, забезпечення успішного розвитку автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризації додатків для хмарних систем вимагає комплексного підходу. Він включає розширення функціональності наявних інструментів і удосконалення механізмів безпеки, процесу управління ресурсами й інтеграції з системами моніторингу.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження демонструє, що автоматизація управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків є стратегічно важливим елементом для підвищення ефективності використання хмарних технологій. Її належна реалізація сприяє значному зниженню витрат на обслуговування, збільшенню гнучкості та масштабованості хмарних середовищ, а також зростанню продуктивності та рівня безпеки роботи з хмарними системами.

Очікується, що подальші дослідження в напрямку автоматизації виконання процесів у хмарних системах, включаючи управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків, сприятимуть поглибленню знань і вдосконаленню практичних навичок у цій сфері. А, отже, забезпечать подальший розвиток даної області. Важливою складовою зазначених досліджень є підвищення рівня обізнаності та розуміння сучасних практик запровадження автоматизації виконання процесів у хмарних середовищах, а також розробка практичних рекомендацій для налагодження та супроводження цих дій. Особлива увага має бути приділена розвитку інноваційних рішень, які сприятимуть застосуванню передових напрацювань до належної

організації ефективного використання хмарних ресурсів.

На основі всього вищесказаного подальші дослідження авторів ґрунтуються на розробці удосконалених моделей та інформаційної технології автоматизації управління інфраструктурою та контейнеризацією додатків для хмарних систем. Це має супроводжуватися рядом додаткових заходів. Наприклад, аналізом соціальних

та етичних аспектів застосування автоматизації виконання процесів у хмарних системах, таких як вплив на робочі місця, конфіденційність даних та інші важливі чинники, які можуть позначитися на виборі та впровадженні тих чи інших рішень. Застосування передових технологій у даній сфері має потенціал стати ключовим фактором успіху для організацій, які прагнуть до ефективного використання хмарних ресурсів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Murphy O. Adoption of infrastructure as code (iac) in real world. Ammattikorkeakoulut – Theseus. URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/786729/Thesis_Murphy_Olga_YTS20K1.pdf?sequence=2 (дата звернення: 10.04.2024).
2. Morris K. Infrastructure as code: dynamic systems for the cloud age. O'Reilly Media, Incorporated, 2021. 350 с.
3. Manvi S., Shyam G. K. Cloud computing. CRC Press, 2021. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003093671> (дата звернення: 12.04.2024).
4. Lewis J., Fowler M. Netflix microservices report. martinowler.com. URL: <https://martinowler.com/articles/microservices.html> (дата звернення: 17.04.2024).
5. What is Terraform | Terraform | HashiCorp Developer. What is Terraform | Terraform | HashiCorp Developer. URL: <https://developer.hashicorp.com/terraform/intro> (дата звернення: 12.04.2024).
6. Ansible documentation – ansible community documentation. Ansible Documentation. URL: <https://docs.ansible.com/ansible/latest/index.html> (дата звернення: 11.03.2024).
7. Chef documentation. Chef Documentation. URL: <https://docs.chef.io/> (дата звернення: 14.02.2024).
8. The Secure Shell (SSH) Transport Layer Protocol. IETF | Internet Engineering Task Force. URL: <https://www.ietf.org/rfc/rfc4253.txt> (дата звернення: 01.12.2023).
9. Beginners track – what is docker?. dockerlabs. URL: <https://dockerlabs.collabnix.com/beginners/docker/what-is-docker.html> (дата звернення: 06.01.2024).
10. Overview. Kubernetes. URL: <https://kubernetes.io/docs/concepts/overview/#why-you-need-kubernetes-and-what-can-it-do> (дата звернення: 22.03.2024).
11. Red Hat OpenShift enterprise Kubernetes container platform. Red Hat – We make open source technologies for the enterprise. URL: <https://www.redhat.com/en/technologies/cloud-computing/openshift> (дата звернення: 03.04.2024).
12. Gittlen S., Rosencrance L. What is identity and access management? Guide to IAM. *Security*. URL: <https://www.techtarget.com/searchsecurity/definition/identity-access-management-IAM-system> (дата звернення: 04.04.2024).
13. Manvi S. S., Shyam G. Cloud computing. Taylor & Francis Group, 2021.
14. Arundel J., Domingus J. Cloud native devops with kubernetes: building, deploying, and scaling modern applications in the cloud. O'Reilly Media, Incorporated, 2022.
15. In search of cloud value: Can generative AI transform cloud ROI? / C. Arora et al. McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/in-search-of-cloud-value-can-generative-ai-transform-cloud-roi> (date of access: 10.04.2024).

REFERENCES:

1. Murphy, O. Adoption of Infrastructure as Code (IaC) in Real World. *Ammattikorkeakoulut – Theseus*. Retrieved from: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/786729/Thesis_Murphy_Olga_YTS20K1.pdf?sequence=2 (date of access: 10.04.2024).
2. Morris, K. (2021). Infrastructure as code: dynamic systems for the cloud age. O'Reilly Media, Incorporated, 350 p.
3. Manvi, S., Shyam, G. K. (2021). Cloud computing. CRC Press, Retrieved from: <https://doi.org/10.1201/9781003093671> (date of access: 12.04.2024).
4. Lewis, J., Fowler, M. Netflix microservices report. martinowler.com. Retrieved from: <https://martinowler.com/articles/microservices.html> (дата звернення: 17.04.2024).
5. What is Terraform | Terraform | HashiCorp Developer. What is Terraform | Terraform | HashiCorp Developer. Retrieved from: <https://developer.hashicorp.com/terraform/intro> (date of access: 12.04.2024).

6. Ansible documentation – ansible community documentation. Ansible Documentation. Retrieved from: <https://docs.ansible.com/ansible/latest/index.html> (date of access: 11.03.2024).
7. Chef documentation. Chef Documentation. Retrieved from: <https://docs.chef.io/> (date of access: 14.02.2024).
8. The Secure Shell (SSH) Transport Layer Protocol. IETF | Internet Engineering Task Force. Retrieved from: <https://www.ietf.org/rfc/rfc4253.txt> (date of access: 01.12.2023).
9. Beginners track – what is docker?. dockerlabs. Retrieved from: <https://dockerlabs.collabnix.com/beginners/docker/what-is-docker.html> (date of access: 06.01.2024).
10. Overview. Kubernetes. Retrieved from: <https://kubernetes.io/docs/concepts/overview/#why-you-need-kubernetes-and-what-can-it-do> (date of access: 22.03.2024).
11. Red Hat OpenShift enterprise Kubernetes container platform. Red Hat – We make open source technologies for the enterprise. Retrieved from: <https://www.redhat.com/en/technologies/cloud-computing/openshift> (date of access: 03.04.2024).
12. Gittlen, S., Rosencrance, L. What is identity and access management? Guide to IAM. Security. Retrieved from: <https://www.techtarget.com/searchsecurity/definition/identity-access-management-IAM-system> (date of access: 04.04.2024).
13. Arundel, J., Domingus, J. (2022). Cloud native devops with kubernetes: building, deploying, and scaling modern applications in the cloud. O'Reilly Media, Incorporated,
14. Manvi, S. S., Shyam, G. (2021). Cloud computing. Taylor & Francis Group,
15. In search of cloud value: Can generative AI transform cloud ROI? / C. Arora et al. McKinsey & Company. Retrieved from: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/in-search-of-cloud-value-can-generative-ai-transform-cloud-roi> (date of access: 10.04.2024).