

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000979

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 25-03-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/43/25 від 03.06.2025



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Омельченко Віталій Вікторович

2. Vitalii V. Omelchenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3850-6555

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 126

Назва наукової спеціальності: Інформаційні системи та технології

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Інформаційні системи та технології

Дата захисту: 15-05-2025

Спеціальність за освітою: Інженерія програмного забезпечення

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 8130

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.02, 20.54.03

Тема дисертації:

1. Інформаційна технологія управління обчислювальними ресурсами в Kubernetes кластері
2. Information technology for computing resources management in Kubernetes cluster

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми автоматизації управління обчислювальними ресурсами в кластерах Kubernetes. Обчислювальні та фінансові ресурси є обмеженими, що вимагає постійного пошуку балансу між рівнем послуг та об'ємом ресурсів. Автоматизація процесів управління IT-інфраструктурою дозволяє підвищити ефективність використання обчислювальних ресурсів кластера при дотриманні необхідного рівня якості послуг, що надаються. Проведено аналіз існуючих методів прогнозування часових рядів в контексті робочих навантажень на доцільність їх використання для проактивного масштабування. Проведені експериментальні дослідження оцінки точності обраних методів на типових шаблонах робочих навантажень на основі історичних даних різної довжини. На основі проведених експериментів обрано множину методів для прогнозування робочих навантажень в проактивному масштабуванні. Запропоновано метод комбінованого прогнозування з поєднанням компонентів

довгострокового та короткострокового передбачення. Навантаження застосунків може включати аномалії, що призводить до некоректного розподілу обчислювальних ресурсів при проактивному управлінні. Проведено експериментальне дослідження запропонованого методу. Результати демонструють підвищення загальної точності з 91% до 95% на тестових даних за умови наявності аномальних шаблонів в історичних даних. Запропоновано метод проактивного масштабування обчислювальних ресурсів. Описано використання методу в умовах відсутності даних або низької точності отриманих прогнозів. Реалізовано програмний модуль для горизонтального проактивного масштабування в Kubernetes з використанням вбудованих інструментів. Проведено експериментальне дослідження розробленого програмного модуля на кластері Kubernetes для порівняння зі статичним та реактивним підходами масштабування. У порівнянні з надлишковим статичним підходом отримано аналогічний рівень якості послуг при використанні на 46% меншого об'єму ресурсів. У порівнянні з реактивним підходом середній час відповіді застосунку зменшився з 160 мс до 23 мс. Запропоновано гібридний метод масштабування, що включає реактивний і проактивний компоненти. Комбінація даних методів дозволяє використовувати проактивне управління при наявності точних прогнозів. Запропоновано індикатор переходу між проактивним і реактивним управлінням на основі порівняння відповідності отриманих прогнозів до поточного навантаження на застосунок. Рівень точності прогнозів визначається протягом заданої кількості ітерацій. Реалізовано програмний модуль з використанням розробленого проактивного методу і вбудованого рішення для реактивного масштабування в Kubernetes. Проведено експериментальне дослідження розробленого програмного модуля. Запропоновано гібридний метод масштабування, що дозволяє координувати роботу горизонтального і вертикального компонентів масштабування. Запропоновано модуль координації для узгодження конфігурації вертикального і горизонтального компонентів. Розроблено програмний модуль для роботи в Kubernetes, який використовує запропонований метод. Результати проведених експериментів демонструють зменшення збиткового резервування обчислювальних ресурсів на 65% у порівнянні зі статичним підходом на синтетичних даних. Створено інформаційну технологію управління обчислювальними ресурсами в кластері. Запропоновано здійснювати декомпозицію інформаційних систем на окремі модулі. Визначено функціонал кожного модуля і комунікацію між модулями та кластером. На основі запропонованої архітектури описано реалізацію інформаційної технології в кластерах Kubernetes. Запропоновано здійснювати інтеграцію вбудованих інструментів для моніторингу стану, аналізу даних і розгортання елементів управління. Описано процеси управління обчислювальними ресурсами.

2. The dissertation work is devoted to solving the problem of automating the management of computing resources in Kubernetes clusters. Computing and financial resources are limited, which requires a constant search for a balance between the level of service quality and the amount of resources. Automation of management processes allows for an increase in the efficiency of using the cluster's computing resources while maintaining the required level of quality of services provided. The existing forecasting methods are analyzed for the feasibility of their use for proactive scaling. Experimental studies of the accuracy of the selected methods were conducted on typical workload templates based on historical data of various length. Based on the experiments, a set of methods was selected for predicting workloads in proactive scaling. A hybrid forecasting method with a combination of long-term and short-term forecasting components is proposed. An experimental study of the proposed method was conducted. The results demonstrate an increase in overall accuracy from 91% to 95% on the test data, provided that there are anomalous patterns in the historical data. A method for proactive scaling of computing resources is proposed. An architecture that includes data, forecasting, application, and decision-making modules is proposed. An approach for the method to work in the absence of data or low accuracy of the obtained forecasts is described. A software module for horizontal proactive scaling was implemented in Kubernetes using built-in tools. An experimental study of the developed software module on a Kubernetes cluster was conducted to compare it with static and reactive scaling approaches. Compared to the redundant static approach, a similar level of service quality was obtained using 46% less resources. Compared to the reactive approach, the average application response time decreased from 160 ms to 23 ms. A hybrid scaling method is proposed that includes reactive and proactive components. The combination of these methods allows the use of proactive control in the presence of

accurate forecasts. An indicator of the transition between proactive and reactive control is proposed based on comparing the compliance of the obtained forecasts with the current load on the application. The level of accuracy of forecasts is determined within a given number of iterations. A software module was implemented using the developed proactive method and a built-in solution for reactive scaling in Kubernetes. An experimental study of the developed program module was carried out. The results demonstrate the ability of the proposed method to identify anomalies and transfer control between components according to certain rules. A hybrid scaling method is proposed that allows coordinating the work of horizontal and vertical scaling components. A coordination module is proposed to coordinate the configuration of the vertical and horizontal components. Based on the proposed method, a program module for working in Kubernetes was developed. The results of the experiments demonstrate a 65% reduction in unprofitable reservation of computing resources compared to the static approach on synthetic data. The information technology for managing computing resources in a cluster is described. The decomposition of information systems into separate modules is proposed. The functionality of each module and communication between modules and the cluster are described. Based on the proposed architecture, the implementation of information technology in Kubernetes clusters is described.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Omelchenko V. Automation of resource management in information systems based on reactive vertical scaling / V.V. Omelchenko, O.I. Rolik // Adaptive systems of automatic control. – 2022. – Vol. 2, No. 41. – P. 65–78. – DOI: 10.20535/1560-8956.41.2022.271344
- Omelchenko V. Integration of proactive and reactive approaches to scaling in Kubernetes / V.V. Omelchenko, O.I. Rolik // Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences. – 2023. – No. 5. – P. 193–198. – DOI: 10.32782/2663-5941/2023.5/30
- Omelchenko V. Proactive horizontal scaling method for Kubernetes / O.I. Rolik, V.V. Omelchenko // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2024. – No. 1. – P. 221–227. – DOI: 10.15588/1607-3274-2024-1-20
- Omelchenko V. Forecasting-at-scale algorithms for prediction cluster workload / V.V. Omelchenko, O.I. Rolik // The International Conference on Security, Fault Tolerance, Intelligence: тези доповідей Міжнар. конф. – Київ, 2023. – С. 1–5
- Omelchenko V. Workloads prediction methods for proactive resource scaling in Kubernetes / V.V. Omelchenko, O.I. Rolik // III International Scientific Symposium «Intelligent Solutions» (IntSol-23): тези доповідей Міжнар. конф. – Київ, 2023. – С. 44–53
- Omelchenko V. Combined forecasting method for cloud workloads / V.V. Omelchenko, O.I. Rolik // Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T 2024): тези доповідей Міжнар. конф. – Харків, 2024

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0121U110810

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ролік Олександр Іванович
2. Oleksandr I. Rolik

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8829-4645

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Любченко Віра Вікторівна
2. Vira V. Liubchenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4611-7832

Додаткова інформація:

;https://scholar.google.com/citations?user=igCycUUAAAAAJ;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56667638800;https://orcid.org/0000-0002-4611-7832

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чумаченко Дмитро Ігорович
2. Dmytro I. Chumachenko

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.13.23

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2623-3294

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дорошенко Анатолій Юхимович

2. Anatolii Y. Doroshenko

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8435-1451

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Жаріков Едуард В'ячеславович

2. Eduard V. Zharikov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1811-9336

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Теленик Сергій Федорович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Теленик Сергій Федорович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Омельченко Віталій Вікторович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна