

ВІДГУК

офіційного опонента

професора кафедри транспортного зв'язку

Українського державного університету залізничного транспорту
доктора технічних наук, професора Трубчанінової Карини Артурівни
на дисертаційну роботу Петровської Інни Юріївни
«Методи розподілу ресурсів в комп'ютерних системах
при наданні хмарних інфраструктурних послуг»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 123 – комп'ютерна інженерія

Актуальність теми. Розвиток інформаційної індустрії змінив уявлення користувачів (власників бізнесу) про надання інформаційних послуг. На зараз хмарні інформаційні послуги набувають все більшої популярності. Модель надання обчислювальних послуг IaaS (послуга у якості інфраструктури) надає найбільший контроль користувачеві при застосуванні хмарних послуг, тобто сам користувач контролює операційні системи, системи зберігання і розгорнуті застосунки.

Крім того, пандемія COVID-19 та військова агресія РФ зробили цю технологію останні роки найбільш затребуваною зараз у нашій країні.

Однак у хмарних обчислювальних середовищах, що використовують технологію IaaS, виникають проблеми оптимального розподілу ресурсів як на етапі їх надання, так і під час використання, внаслідок чого суттєво знижується продуктивність системи, що призводить до значного подорожчання, ускладнення управління або навіть повної неможливості використання хмарних обчислювальних середовищ, функціонуючих за технологією на базі моделі IaaS.

Виходячи з вищенаведеного, можна стверджувати, що тема дисертаційного дослідження «Методи розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг» є **актуальною**.

Одержані результати роботи відображені в рамках науково-дослідної роботи, що проводилася за планами наукової та науково-технічної діяльності кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» НТУ «Харківський політехнічний інститут»: ДР №0122U200527 «Моделі і методи обробки даних і розподілу мережних ресурсів в комп'ютерних системах», в якій авторка брала участь як виконавець.

Ступінь новизни, обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі. Наукова новизна отриманих результатів обумовлена теоретичним узагальненням і новим рішенням важливого науково-технічного завдання, сутність якого полягає в підвищенні ефективності використання хмарних обчислювальних ресурсів при застосуванні технології, що базується на моделі «Інфраструктура у якості сервісу», шляхом розробки методів розподілу ресурсів. У дисертаційній роботі Петровська Інна Юріївна отримала такі основні науково обґрунтовані результати:

– **Отримав подальший розвиток** метод базового виділення ресурсів хмарного обчислювального середовища користувачу, орієнтованому на модель «Інфраструктура як сервіс», шляхом попередньої декомпозиції множини доступних ресурсів на зони за допомогою введення нерівномірних шкал та використання методу аналізу ієрархій, що дозволяє підвищити рівень балансування.

– **Вперше розроблено** метод превентивного формування черг запитів на віртуальні машини хмарного середовища при використанні технології, орієнтованої на модель «Інфраструктура у якості сервісу».

– **Удосконалено** метод адаптивного розподілу ресурсів хмарного середовища, який відрізняється від відомих використанням тестування на послідовність серій, математичного апарату удосконаленого генетичного алгоритму NSGA-II та результатами прогнозу запитів на віртуальні машини, що дозволяє підвищити ефективність використання хмарних обчислювальних ресурсів за рахунок реалізації балансу між ресурсами центрального процесора

та оперативної пам'яті та зменшення затримки в обслуговуванні хмарних ресурсів.

Робота має чітку послідовність постановки задач та отриманих рішень, достатню доказову базу та аргументованість результатів. Використано сучасний математичний апарат для реалізації сформованої мети. Порівняльні оцінки запропонованих автором рішень достатньо аргументовані та відповідають списку приведених першоджерел. Висновки та рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі, враховують сутність та актуальність наукового завдання роботи та її мету, вони є придатними для практичного використання.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які наведені в дисертаційній роботі, обґрунтована використанням загальновідомих та широко апробованих на практиці методів. Дисертаційна робота Петровської Інни Юріївни є оригінальною науковою працею, яка виконана на належному теоретичному і прикладному рівні. Вона має послідовну та виважену структуру і за своєю будовою є комплексним та завершеним науковим дослідженням. Зміст роботи та багатогранність вирішення висвітленого наукового завдання свідчать про різносторонню, і водночас комплексну наукову компетентність її авторки.

Вищевикладене свідчить про обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що викладено у дисертаційній роботі Петровської Інни Юріївни.

Практичне значення наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації полягає у застосуванні отриманих результатів для подальшого удосконалення хмарного середовища, при використанні технології, орієнтованої на модель «Інфраструктура у якості сервісу».

Запропонований підхід до адаптивного прогнозування завантаженості хмарних ресурсів на основі тесту на послідовність серій дозволяє адаптивно вибирати найбільш відповідний метод прогнозування залежно від характеру даних та їхньої змінюваності, з урахуванням особливостей запитів до ресурсів.

За рахунок такої додаткової процедури зменшується час прогнозування шляхом видобутку основних компонентних послідовностей до 20%.

Запропонований метод превентивного формування черг запитів на віртуальні машини хмарного середовища, який враховує результати аналізу попередніх даних та базується на моделі багатоцільового розподілу хмарних ресурсів, що дозволяє завчасно провести прогнозування завантаженості фізичних пристроїв хмарного середовища та запобігти втратам обчислювального ресурсу. Його використання дозволило сформувати можливі черги запитів на найбільш витратний за часом формування хмарний ресурс – віртуальні машини, з відхиленням від реальних запитів не більше 15%.

Комплексне використання запропонованих методів дозволило зменшити затримку в обслуговуванні обчислювальних ресурсів в процесі функціонування наданої замовнику віртуальної інфраструктури до 5% за рахунок підвищення рівня балансування завантаження обчислювальних ресурсів хмарного середовища.

Результати були впроваджені в ході дослідницьких робіт у підприємстві ТОВ «Лайнап Тех» (м. Харків) при проектуванні комплексної рекомендаційної системи та у навчальний процес кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» Національного технічного університету «ХПІ» при викладанні на першому курсу магістратури дисципліни «Оптимізація процесів в мультисервісних системах та мережах».

Повнота викладення наукових і прикладних результатів дисертації в опублікованих роботах. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 15 наукових праць. Основні наукові положення викладено у 5 наукових статтях, надрукованих у фахових виданнях України. Крім того, зазначені положення дисертаційної роботи пройшли обов'язкову і достатню апробацію на 10 наукових міжнародних конференціях, з яких 2 проіндексовані у SCOPUS. Основні результати дисертаційної роботи у цих публікаціях відображено достатньо повно та відповідають вимогам пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової

спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення. Побудова дисертації відповідає прийнятим для наукового дослідження нормам. Усі положення, винесені на захист, висвітлені в тексті дисертації. Зміст дисертаційної роботи відповідає її назві.

Дисертація написана грамотною науковою мовою та оформлена відповідно до існуючих нормативних документів, текст і графічний матеріал виконані акуратно з використанням комп'ютерної техніки.

Дисертація складається з анотацій, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел і 2 додатків. Обсяг основного тексту дисертації (без анотацій, змісту, списку використаних джерел і додатків) становить 114 сторінок, що відповідає встановленим вимогам.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показано її наукову та практичну значимість, представлено мета і задачі дослідження, сформульовано об'єкт та предмет дослідження, описано зв'язок дисертації з науковими темами, наведено апробацію дисертаційної роботи та список публікацій.

У першому розділі проведений аналіз методів розподілу ресурсів у хмарних середовищах. Зокрема, розглянуті Особливості хмарних обчислювальних систем та розподілу ресурсів в них. Проаналізовані існуючі статичні і динамічні методи розподілу ресурсів у віртуальних середовищах. Проведений порівняльний аналіз підходів до розподілу ресурсів у хмарному середовищі з різними моделями обслуговування. На основі проведеного аналізу сформульовані задачі дослідження.

У другому розділі основна увага приділена завданню базового виділення ресурсів хмарного середовища з моделлю обслуговування «Інфраструктура у якості сервісу». Для його вирішення проведена декомпозиція хмарного середовища, обґрунтований вибір методу для базового виділення хмарних

ресурсів та запропонований метод базового виділення ресурсів хмарного середовища користувачу, орієнтованому на модель IaaS. Також наведений приклад базового завантаження віртуального хосту за допомогою запропонованого метода.

У третьому розділі запропонований розгляд етапів методу адаптивного розподілу хмарних ресурсів при використанні моделі обслуговування «Інфраструктура у якості сервісу». Зокрема, проведене узагальнення вимог до методу розподілу хмарних ресурсів при використанні моделі обслуговування «Інфраструктура у якості сервісу» та запропонована структура методу адаптивного розподілу хмарних ресурсів. В межах даної структури розроблені метод адаптивного прогнозування на основі тесту на послідовність серій, метод превентивного формування черг запитів на віртуальні машини хмарного середовища та модель багатоцільового розподілу ресурсів, які дали можливість реалізувати адаптивний розподіл хмарних ресурсів у випадку використання моделі обслуговування «Інфраструктура у якості сервісу».

У четвертому розділі проведені дослідження запропонованих методів розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг. Зокрема, досліджені на імітаційній моделі методи прогнозування запитів на ресурси на основі тесту на послідовність серій та адаптивного розподілу хмарних ресурсів. Також наведені практичні рекомендації по використанню методу розподілу хмарних ресурсів.

Висновки до розділів та результати дисертаційного дослідження сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел містить 126 найменувань, які рівномірно розподілені між чотирма розділами. Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи. В додатках представлено публікації та акти впровадження.

Академічна доброчесність. Поршень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати роботи, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

Зауваження до дисертаційної роботи. В процесі ознайомлення з роботою позитивне враження справила практична спрямованість роботи, докладне обґрунтування усіх висунутих у роботі положень.

Але при цьому виникли наступні зауваження та недоліки:

1. У підрозділі 2.4 другого розділу при наведенні прикладу базового завантаження віртуального хосту у хмарному середовищі з моделлю обслуговування «Інфраструктура у якості сервісу» для вибору найкращої альтернативи застосовується метод аналізу ієрархій Сааті. Але при цьому одночасно розглядається завелика кількість альтернатив, що суттєво ускладнює проведення вибору. Можливо у таких випадках краще було б множини альтернатив подати як ієрархічну структуру та послідовно застосувати запропонований підхід на кожному рівні ієрархії, що знизило б обчислювальну складність запропонованого методу.

2. У підрозділі 3.3 запропонований метод адаптивного прогнозування на основі тесту на послідовність серій. Бажано було б визначити його обчислювальну складність, тому що при великій кількості компонентних послідовностей час прогнозування можливо буде неприпустимо великим.

3. У підрозділі 3.5 запропонована модель багатоцільового розподілу ресурсів, в якій для розв'язання багатоцільової задачі оптимізації обраний відомий алгоритм NSGA-II. Треба було б провести обґрунтування такого вибору, наприклад, чому був обраний саме алгоритм NSGA-II, а не алгоритм SPEA.

4. У підрозділі 4.1 для проведення дослідження методу адаптивного прогнозування запитів на ресурси на основі тесту на послідовність серій обраний застосунок Alibaba Cluster Trace, який використовується для збору

даних та формування навчальної вибірки, але відсутня інформація про можливість застосунку та його інтерфейс.

Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки. Зазначені недоліки суттєво не впливають на загальне позитивне враження від роботи, не зменшують її якості, а також наукової та практичної цінності. Вони не є визначальними і можуть бути враховані як напрямки подальших досліджень.

За змістом, актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною значимістю одержаних результатів дисертаційна робота «Методи розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг» відповідає вимогам п.п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», із змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її авторка, Петровська Інна Юріївна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент

професор кафедри транспортного зв'язку

Українського державного університету

залізничного транспорту

доктор технічних наук, професор



Карина ТРУБЧАНИНОВА

“ 23 ” листопада 2023 р.



Особистий підпис
Завідуючій канцелярією
УкрДУЗТ
Завідуючій канцелярією
УкрДУЗТ
23.11.2023 р.

Карина Трубчанінова
Труба - Шенко