

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

Шваччица Геннадія Григоровича

на дисертаційну роботу Петровської Інни Юріївни «Методи розподілу

ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних

інфраструктурних послуг», поданої на здобуття наукового ступеня

доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія,

галузь знань 12 – Інформаційні технології

1. Актуальність обраної теми дослідження.

Подана до захисту дисертаційна робота належить до однієї з найперспективніших тем у сфері комп'ютерної інженерії – методів розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг. Обрана дисертанткою тема роботи є вкрай актуальною в сучасному інформаційному суспільстві. Оскільки хмарні інфраструктурні послуги надають компаніям та користувачам доступ до великої кількості обчислювальних ресурсів, мережевих послуг та зберігання даних, не вимагаючи великих витрат на обладнання та управління ним. В той же час, на сьогоднішньому етапі розвитку суспільства на ряду з основними технічними показниками актуальності цієї теми, а саме: ефективністю ресурсів, масштабованістю, гнучкістю та адаптивністю, енергоефективністю, безпеки, економічністю звертають серйозну увагу на якісні показники, наприклад, своєчасне задоволення потреб бізнесу, простота використання, швидкість виконання типових операцій та ін.

З іншого боку взаємодія користувача з постачальниками ресурсів у хмарному середовищі базується на різних моделях, які визначають способи доступу, контролю та управління обчислювальними ресурсами. Такі моделі надають різні рівні абстракції від інфраструктури для користувачів та

дозволяють їм зосереджуватись на виконанні конкретних завдань, не турбуючись про деталі управління ресурсами.

Але у останні кілька років користувачі, які мали великі обчислювальні потужності, як апаратні, так і програмні, стали зацікавленими у отриманні власної хмарної віртуальної інфраструктури. В такому випадку раціональним підходом для надання обчислювальних потужностей стає модель Infrastructure as a Service (IaaS). В цій моделі користувач отримує доступ до базових обчислювальних ресурсів, таких як віртуальні машини, сховища даних та мережеві ресурси. Користувач може керувати операційною системою, застосунками та конфігурацією, але не має прямого доступу до фізичного обладнання. Особливість взаємодії у даному випадку полягає в тому, що користувачі можуть самостійно управляти та конфігурувати віртуальні машини, розширюючи або зменшуючи їхні ресурси за потреби.

З іншого боку, хмарне середовище містить у собі великий набір різних обчислювальних ресурсів. В такому випадку виникає проблема оптимального використання наявних ресурсів, нехтування якої може призвести до значного подорожчання, ускладнення управління або навіть повної неможливості використання хмарних обчислювальних середовищ.

За таких умов, **актуальною є науково-технічна задача** підвищення ефективності використання хмарних обчислювальних ресурсів при застосуванні технології, що базується на моделі Infrastructure as a Service (IaaS). При цьому на перший план виходить розробка методів розподілу ресурсів у хмарному середовищі.

Дисертаційна робота є **актуальною** як відносно поставленої мети (стор. 8), так і стосовно поставлених задач (стор. 8).

Наукові ідеї, на які спирається в своєму дослідженні здобувач, дозволяють на єдиних принципах і з сучасних позицій систематизувати матеріал дослідження, внаслідок чого в роботі представлено його нетривіальний комплексний опис. Автор цілком обґрунтовано підходить до

виділення об'єкту і предмету дослідження (стор. 7 – 8). В цілому специфіка об'єкту досліджень знаходить відбиття і в їх предметі, який зводиться до розробки методів розподілу ресурсів у комп'ютерних системах, інфраструктура яких міститься у хмарному середовищі.

Відзначене дає підстави стверджувати, що обраний дисертанткою напрям дослідження, який присвячено особливостям розробки методів розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг, є *актуальним*.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт:

- «Моделі і методи обробки та захисту інформації в комп'ютерних системах» (ДР №0122U200526, ТОВ «Передові цифрові рішення», м. Харків),
 - «Моделі і методи обробки даних і розподілу мережевих ресурсів в комп'ютерних системах» (ДР №0122U200527, компанія «LineUp», м. Харків),
- в яких здобувач брала участь у якості виконавця окремих розділів.

3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків, сформульованих у дисертації.

Всі результати дисертаційного дослідження відповідають специфіці розглянутих задач, одержані згідно з розробкою базового виділення та розподілу ресурсів хмарного середовища, наприклад, теоретико-множинний підхід, метод аналізу ієрархій, методи теорії масового обслуговування, дослідження операцій та еволюційні методи. Оцінка експериментальних даних, отриманих у ході роботи, проводилася на основі методів теорії ймовірності та математичної статистики. Достовірність отриманих в дисертаційній роботі результатів обумовлена коректним використанням сучасних експериментальних методів дослідження, їх несуперечністю сучасним теоретичним уявленням і результатам досліджень інших авторів, модельними розрахунками, а також апробацією основних результатів на конференціях, форумах і семінарах.

4. Новизна наукових положень і висновків.

В результаті проведених дисертанткою досліджень сформульовано нові наукові положення і висновки, отримано ряд нових результатів, які мають суттєве значення. Серед основних, необхідно відзначити наступні:

1. Вперше розроблено метод превентивного формування черг запитів на віртуальні машини хмарного середовища при використанні технології, орієнтованої на модель «Infrastructure as a Service», 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.

2. Отримав подальший розвиток метод базового виділення ресурсів хмарного середовища користувачу, орієнтованому на модель «Infrastructure as a Service», шляхом попередньої декомпозиції множини доступних ресурсів на зони за допомогою введення нерівномірних шкал та використання методу аналізу ієрархій, що дозволяє підвищити рівень балансування завантаження хмарних ресурсів.

3. 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.

5. Практична значимість і шляхи використання результатів досліджень дисертаційної роботи полягають у розробці методів, які являють собою науково-практичною основою для подальшого удосконалення хмарного середовища, при використанні технології, орієнтованої на модель

«Infrastructure as a Service». Представлені на їх основі інженерні методи та алгоритми дозволяють:

- провести короткочасне прогнозування можливих запитів на обчислювальні ресурси хмарного середовища при використанні технології, орієнтованої на модель «Інфраструктура у якості сервісу»;

- сформувані можливі черги запитів на найбільш витратний за часом формування хмарний ресурс – віртуальні машини, з відхиленням від реальних запитів не більше 15%;

- підвищити рівень балансування завантаження обчислювальних ресурсів хмарного середовища при використанні технології, орієнтованої на модель «Infrastructure as a Service», за показником середнього квадратичного відхилення до 8%;

- зменшити затримку в обслуговуванні обчислювальних ресурсів до 5%.

6. Впровадження результатів роботи. Результати дисертації впроваджено й підтверджено відповідними актами в діяльність наступних організацій:

- на підприємстві ТОВ «Лайнап Тех» (м. Харків) в ході дослідницьких робіт при проектуванні комплексної рекомендаційної системи (акт впровадження від 20.06.2023 р.);

- у навчальний процес кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» Національного технічного університету «ХПІ» (акт впровадження від 05.10.2023 р.).

7. Зміст, завершеність, стиль викладу, публікації, апробація.

Зміст дисертації Петровської Інни Юріївни відповідає обраній темі, характеризується логічністю та комплексністю. Дисертація оформлена відповідно до вимог, встановлених для дисертаційних робіт. Дисертація має традиційну структуру, що відповідає вимогам МОН України, і складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків до них, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи – 139 сторінок, з

яких основний зміст викладено на 114 сторінках машинописного тексту, включаючи 40 рисунків і 8 таблиць.

Структура дисертації є чіткою та логічною.

У *вступі* обґрунтовано вибір теми, її актуальність, визначено об'єкт, предмет, мету та задачі дослідження, його наукову новизну, окреслено теоретичну і практичну цінність результатів, сформульовано висновки щодо апробації та впровадження результатів дослідження. Слід визнати коректний і обґрунтований підхід до постановки цілей і задач дослідження, характеристику його новизни. Необхідно зауважити, що дисертантка не лише довела актуальність розгляду обраної теми досліджень, але й здійснила глибокий та всебічний аналіз проблематики в області розробки методів розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг.

У *першому розділі* дисертаційної роботи здобувач провела 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.

Крім того, в даному розділі дисертаційної роботи проведено порівняльний аналіз підходів до розподілу ресурсів у хмарному середовищі з різними моделями обслуговування. На основі проведеного аналізу сформульовані задачі дослідження.

Текст *першого розділу* дисертаційної роботи свідчить про хороше знання автором ретроспективи розробки методів розподілу ресурсів у хмарному середовищі з різними моделями обслуговування, підкреслено строге ставлення до базових понять, що використовувалися в процесі узагальнення і критичного осмислення сучасного стану проблеми, яка висвітлюється під час досліджень.

У *другому розділі* дисертаційної роботи основна увага приділена базовому виділенні ресурсів хмарного середовища з моделлю

обслуговування «Infrastructure as a Service». Для розв'язування поставлених задач проведена декомпозиція хмарного середовища, обґрунтовано вибір методу для базового виділення хмарних ресурсів та запропоновано метод базового виділення ресурсів хмарного середовища користувачу, орієнтованому на модель IaaS. Також наведено приклад базового завантаження віртуального хоста за допомогою запропонованого метода.

У *третьому розділі* дисертаційної роботи розкривається сутність методу адаптивного розподілу хмарних ресурсів при використанні моделі обслуговування «Infrastructure as a Service». Зокрема, проведене узагальнення вимог до методу розподілу хмарних ресурсів 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 «Infrastructure as a Service».

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

Загальні висновки дисертаційної роботи структуровані, відповідають завданням і у концентрованому вигляді коректною відображають основні досягнення дисертантки, чим доводиться, що мета роботи досягнута і всі поставлені завдання виконано. Робота має важливе практичне значення, її основні ідеї можуть бути використані в подальшому при вдосконаленні

методів розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг.

Повнота викладу наукових результатів у публікаціях автора відображена у 15 наукових працях, зокрема в 5 статтях у наукових фахових виданнях України, 8 публікаціях в матеріалах міжнародних наукових конференцій, 2 публікаціях в матеріалах міжнародних наукових конференцій внесені до міжнародної наукометричної бази SCOPUS. Основні результати роботи опубліковано у фахових виданнях, вони охоплюють усі положення, що виносяться на захист.

Стиль та мова викладених наукових положень дисертації та публікацій автора відзначаються послідовністю, спостерігається логічний зв'язок проблем, що досліджуються.

Основні положення, наукові результати й практичні розробки дисертації доповідались та обговорювались на міжнародних і національних конференціях та презентувались у збірниках наукових праць.

8. Зауваження по дисертаційній роботі.

Позитивно оцінюючи представлену дисертацію як результат наукового дослідження важливої проблеми, слід **висловити ряд міркувань і зауважень**, які мають бути розглянуті при захисті і зможуть допомогти автору в її подальшій науковій роботі.

1. Дисертаційна робота оформлена у відповідності з вимогами МОН України. Проте можна відзначити певні зауваження щодо подачі матеріала роботи. Так, наприклад, на стор. 22 вперше зустрічається скорочення ХОВ, яке не пояснюється. Крім того, в назві деяких рисунків, наприклад рис. 1.2 – 1.5, зустрічаються певні скорочення. Відзначене, в свою чергу, затрудняє процес знайомлення з дисертаційною роботою.

2. В дисертаційній роботі зустрічаються певні неточності. Наприклад, коментар до формули (2.2) на стор. 40 подано з похибкою. На рис. 3.4 (стор. 82), 3.5 (стор. 83), 3.6 (стор. 83), 3.8 (стор. 91) відсутні певні зв'язки.

3. В дисертаційній роботі наведені деякі числові характеристики ефективності запропонованих методів розподілу ресурсів в комп'ютерних системах. Наприклад, у висновках до розділу 3 дисертантка заявляє: «... зменшується час прогнозування ... до 20%». При цьому не наводяться відповідні співвідношення та аргументи щодо таких значень.

4. На жаль, в дисертаційній роботі не розкривається тип, характеристики та особливості технічного обладнання на якому проводилися певні експерименти, що не дозволяє в повному обсязі оцінити ефективність розроблених методів щодо розподілу ресурсів в комп'ютерних системах.

5. Вважаю доцільно було б розглянути питання, наприклад, потенційної загрози безпеки, які можуть виникнути при розподілі ресурсів в хмарних інфраструктурах; збереження приватності даних в хмарних сервісах, залежність від інфраструктури постачальника, що може створювати ризики при невдачах чи змінах в політиці постачальників та ін. Важливо враховувати ці аспекти при розробці та впровадженні хмарних інфраструктурних рішень для максимальної надійності та задоволення потреб користувачів.

Однак, ці зауваження не впливають в цілому на високу оцінку дослідження, яке виглядає самостійним, завершеним, логічним за побудовою і глибоким за змістом, теоретично насиченим і практично значущим, а вказані зауваження можуть бути усунені в процесі подальших досліджень пошукувачем в обраному ним науковому напрямі.

9. Висновки по роботі.

Дисертаційне дослідження Петровської Інни Юріївни є за своєю суттю комплексним дослідженням теорії і практики методів розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг. В цьому відношенні дисертаційна робота, що рецензується, органічно вписується в сучасні теоретико-методологічні пошуки вітчизняної комп'ютерної науки, тому теоретична і практична цінність проведеного дослідження, його новизна не викликають сумнівів.

Дисертація Петровської Інни Юріївни «Методи розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг» відповідає спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія та вимогам Порядку підготовки

здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261, пп. 6, 7, 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 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Отже, дисертаційна робота Петровської Інни Юріївни «Методи розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг» характеризується структурованістю, методичною завершеністю та чіткістю зроблених висновків. В цілому, дисертація відрізняється оригінальністю, високим науковим рівнем і новизною, строгим логічним обґрунтуванням, має важливе наукове і практичне значення. Висновки і положення дисертації аргументовані і достовірні. Публікації автора повно відображають зміст дисертації та підтверджують достатньо високий рівень проведеного дослідження.

Автор дисертації Петровська Інна Юріївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія, галузь знань 12 – Інформаційні технології.

Опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри програмного
забезпечення комп'ютерних систем НТУ
«Дніпровська політехніка»

Геннадій ШВАЧИЧ

