

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Дмитренко Олександри Анатоліївни
на тему «Метод доповнювальних навантажень для розподілу задач в хмарних
системах»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 17 — Електроніка та телекомунікації
за спеціальністю 172 — Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації.

Актуальність рецензованої роботи зумовлена необхідністю розв'язання проблем планування розподілу задач у багатосерверному середовищі в умовах постійного зростання складності та масштабів сучасних обчислювальних систем. Існуючі методи планування спрямовані на зменшення часу відгуку та оптимізацію продуктивності операцій, не враховуючи ефективність використання ресурсів платформи та потенціалу енергозбереження в контексті парадигми сталого розвитку.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукові результати дисертації Дмитренка О.А. характеризуються високим рівнем обґрунтованості та повноти. Авторка переконливо демонструє необхідність удосконалення наявних підходів до планування розподілу задач у багатосерверному середовищі, використовуючи статистичні методи аналізу завантаження багатосерверних систем різних типів, та кореляцію її з різновидами архітектур програмних застосунків та розмірами кластерів.

Достовірність результатів підтверджується комплексним підходом до розв'язання проблеми, який включає теоретичне обґрунтування, математичне моделювання та апробацію.

Новизна наукових результатів полягає у створенні комплексного методу планування, який об'єднує існуючі класичні критерії продуктивності з запропонованим підходом до часового розподілу задач та енергоощадного керування ресурсами. Сукупність розроблених авторкою методів враховує циклічні характеристики навантаження системи та забезпечує раціональне використання періодів зниженої активності для обробки відкладених завдань. Запропоновані методи демонструють адаптивність в гетерогенних середовищах та ефективність горизонтального масштабування, що свідчить про їх практичну застосованість у сфері системного програмування та хмарних технологій.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі інформаційних технологій в телекомунікаціях КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР «Інтелектуальне керування динамічною енергоефективною реконфігурацією обчислювальних ресурсів для підтримки технології NaaS», Д/р – № 0123U101635 (початок 15.03.2023 — закінчення 15.03.2026) під керівництвом завкафедри, д.т.н., проф. Скулиш Марії Анатоліївни.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання розробки методу доповнювальних навантажень та супутніх компонентів виконано в повній мірі.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Дмитренко О.А повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 — Телекомунікації та радіотехніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми “Телекомунікації та радіотехніка”.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Інформаційні та комунікаційні технології.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, вважаю, що дисертаційна робота Дмитренко Олександри Анатоліївни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота виконана українською мовою, що забезпечує широку доступність наукових здобутків та теоретичних обґрунтувань для вітчизняної наукової спільноти. Композиційна побудова дослідження відзначається логічною послідовністю, де кожна частина природно переходить у наступну, створюючи комплексне уявлення про досліджувану проблематику та методи її розв'язання.

Дисертація містить усі необхідні структурні елементи у відповідній послідовності та оформлені відповідно до академічних стандартів.. Стилїстика викладу відповідає вимогам наукового письма з використанням професійної термінології, що гарантує коректне розуміння результатів дослідження фаховою аудиторією.

Дослідниця демонструє відмінний рівень наукової грамотності, застосовуючи ясну та доступну мову без надмірного ускладнення

спеціалізованою термінологією. Презентація матеріалу засвідчує глибоке розуміння предметної області та спроможність автора до ясного артикулювання наукових концепцій. Дисертація вирізняється концептуальною цілісністю: усі компоненти взаємопов'язані та доповнюють один одного, що демонструє системний підхід до вирішення визначених завдань.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 272 сторінок.

У першому розділі «Проблема кількості ресурсів та енергоефективності обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної системи» Дмитренко О.А. систематизує підходи до масштабування, розглядаючи горизонтальне масштабування, вертикальне масштабування та стратегії розподілення навантаження для різних архітектурних рішень. Особливу увагу приділено обґрунтуванню актуальності змін способу розподілу задач у сучасних телекомунікаційних системах, які собою являють розподілені хмарні платформи. Дмитренко О.А. детально аналізує функціонування планувальників ресурсів ключових хмарних провайдерів, беручи їх алгоритми розподілу та балансування обчислювальних задач як приклад. Авторкою обґрунтовується необхідність удосконалення наявних методів через дослідження конкретних випадків неефективного планування, що призводять до надмірного споживання ресурсів та зростання операційних витрат у мікросервісній, безсерверній та монолітній архітектурах.

У другому розділі «Математична модель розподілу навантаження в хмарному планувальнику ресурсів» розглядається новаторський підхід до оптимального використання обчислювальних ресурсів у хмарних середовищах — концепцію доповнювальних навантажень. Ідея ґрунтується на пошуку програмних компонентів із протилежними характеристиками споживання ресурсів, що взаємно врівноважують одне одного, завдяки чому сумарне навантаження залишається відносно сталим. Для врахування невизначеностей при прогнозуванні навантаження автор застосовує методи нечіткої логіки, а для систематизації типів навантаження — підхід із використанням теорії ґраток та поняття їх “доповнення”, формалізоване через нечітку логіку. Запропонована модель формалізує процес об'єднання сервісів у групи зі збалансованим загальним навантаженням, що відкриває нові перспективи для підвищення ефективності використання хмарних ресурсів.

У третьому розділі «Комплексний метод доповнювального розподілення обчислювального навантаження в багатосерверній системі» викладено метод та алгоритмічну реалізацію теоретичної моделі з другого розділу. Дмитренко О.А. описує структуру необхідних даних і основні функції, що реалізують обчислення, і пропонує чіткий алгоритм, який охоплює виявлення кандидатів на

створення груп із взаємодоповнювальним навантаженням, а також аналіз їх динаміки в часі. Як платформу для впровадження запропонованого підходу обрано Python, оскільки ця мова добре інтегрується з Kubernetes і дозволяє легко реалізувати алгоритм безпосередньо в інфраструктурі контейнерного оркестрування. В розділі наведені рисунки, що демонструють роботу програми.

У четвертому розділі «Апробація та аналіз ефективності розробленого комплексного методу пошуку доповнювальних навантажень» Дмитренко О.А. проводить оцінку запропонованого підходу в умовах реальних багатосерверних систем, наводячи статистику навантажень різних типів у поширених хмарних провайдерів. Авторка наводить результати для різних варіантів функціонування багатосерверних систем, що підтверджують зниження витрат на апаратне забезпечення та його обслуговування. Докладно проаналізовано етап попередньої обробки вхідних даних, наводяться інструменти для проведення статистичного аналізу історичних даних навантаження з метою виявлення повторюваних шаблонів та побудови прогнозів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 9 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Рівень наукових публікацій здобувача характеризується високою якістю: результати досліджень викладені в статтях із детальним обґрунтуванням та описом наукових досліджень з відповідними посиланнями та зазначенням особистого внеску, що свідчить про повне дотримання принципів академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Перший розділ занадто детально описує реалізації різних підходів до планування задач та особливості їх масштабування та балансування, зокрема, на різні країни та континенти. Оскільки цільова аудиторія – приватні та локальні телекомунікаційні сервіси, краще було б зробити акцент на розміщенні таких систем в межах однієї країни, що в одному часовому поясі.
2. В першому розділі часто використовується термінологія англійської мови. Можна було б використати її тільки перший раз при введенні поняття, а в наступних вжитках користуватись українськими аналогами для розширення нашого технічного словника.
3. В другому розділі пропонується покласти нечітку логіку в основу матмоделі. Водночас зважаючи на похибку, яка застосовується при пошуку доповнювальних груп, а також на зручність аналізу та класифікації шаблонів за певними характеристиками, вважаю багатозначну логіку достойною альтернативою нечіткі в представленій задачі.
4. В розділі 3, кластеризація виконується на основі схожості шаблонів навантажень та без урахування амплітуд. Вважаю доречним також розділити часові ряди навантажень за кількістю змін градієнта в графіку та амплітуди змін між сусідніми екстремумами, щоб заздалегідь виявляти шаблони, які важко піддаються знаходженню доповнення та зменшити вибірку для пришвидшення роботи алгоритму.
5. В третьому та четвертому розділах описується моделювання реальних сценаріїв використовуючи шаблони, виведені зі статистичних даних. Пропоную застосування машинного навчання або скористатись ланцюгами Маркова для імітації часових рядів навантажень для проведення повномасштабного тестування.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Дмитренко Олександри Анатоліївни на тему «Метод доповнювальних навантажень для розподілу задач в хмарних системах» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 17 — Електроніка та телекомунікації. Дисертаційна робота за

актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в 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», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Дмитренко Олександра Анатоліївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 — Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 — Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент:

доцент кафедри
інформаційної безпеки,
к.т.н., доц.



Олексій БАРАНОВСЬКИЙ

М.П.

«11» червня 2025 року