

## **ВІДГУК**

офіційного опонента 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.**

Сучасні хмарні системи та такі технології, як Kubernetes, стали невід'ємною частиною управління обчислювальними ресурсами. Однак, поточні підходи до планування завдань у цих середовищах, які базуються на статичному визначенні ресурсних вимог, часто не враховують динамічну природу реальних навантажень. Це призводить до неефективного використання обчислювальних потужностей, оскільки ресурси можуть бути або надмірно зарезервовані, або, навпаки, недостатніми, що викликає затримки та простої. Виникає нагальна потреба в розробці нових механізмів, які б дозволили автоматично адаптувати розподіл завдань до мінливих навантажень, особливо у пікові періоди, коли частина навантаження може бути винесена на окремі сервіси. Таким чином, дослідження методів оптимізації розподілу завдань, що враховують динаміку навантаження, є критично важливим для підвищення ефективності та надійності хмарних систем.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна дисертації полягає у розробці методу доповнювальних навантажень для розподілу задач в хмарних системах та супутніх методів розподілення ресурсів, які враховують динамічні коливання навантаження та забезпечує ефективне використання ресурсів шляхом винесення пікових навантажень на окремі сервіси. Зокрема, дисертанткою:

- Запропоновано математичну модель доповнювальних навантажень, що дозволяє формалізувати процес відокремлення пікових навантажень та їх розподілу між основними та додатковими сервісами.
- Розроблено алгоритм оптимізованого розподілу завдань, який мінімізує час очікування та максимізує пропускну здатність системи за рахунок динамічного перерозподілу ресурсів, враховуючи відокремлені пікові навантаження.

- Обґрунтовано критерії ефективності розподілу завдань з урахуванням доповнювальних навантажень, що дозволяє кількісно оцінювати переваги запропонованого підходу порівняно з наявними.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

### **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, можна зробити висновок, 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 написана українською / англійською мовою. Це дозволяє повною мірою ознайомитися з отриманими результатами та аргументацією автора. Кожен розділ є логічним продовженням попереднього, а загальна структура роботи сприяє глибокому розумінню досліджуваної проблематики та запропонованих рішень.

Матеріал викладено науковою мовою, яка є зрозумілою та точною, без надмірної термінології, що не має відповідного обґрунтування. Це свідчить про глибоке розуміння автором теми дослідження та вміння чітко формулювати наукові думки.

Всі розділи дисертації пов'язані між собою та доповнюють один одного, забезпечуючи цілісність дослідження. Це демонструє системний підхід до вирішення поставлених завдань, де кожен елемент роботи є важливою частиною загальної картини.

Текст містить усі необхідні структурні елементи, що викладені послідовно та коректно, а також є логічно пов'язані між собою. Стиль мовлення є науковим з використанням галузевої термінології.

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

У вступі розкрита актуальність теми дисертаційної роботи, що обґрунтовує необхідність оптимізації розподілу навантажень у сучасних хмарних системах з огляду на їх динамічний характер. Підкреслено зв'язок роботи з важливими науково-дослідними роботами у сфері інформаційних технологій. Чітко сформульовані мета, об'єкт, предмет та задачі дисертаційного дослідження, що визначають його фокус та напрямки. Визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, що підтверджують внесок роботи у розвиток галузі. Також зазначено особистий внесок дисертантки, наведено узагальнений перелік публікацій, які відображають основні результати, та короткий опис структури дисертації, що дає загальне уявлення про її зміст.

У першому розділі «Проблема кількості ресурсів та енергоефективності обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної системи» проведено детальний аналіз проблемної області, що стосується управління ресурсами в умовах зростаючих обчислювальних навантажень. Описані сучасні підходи до побудови багатосерверних систем у вигляді хмарних інфраструктур та приватних дата-центрів, що дозволяє зрозуміти контекст дослідження. Роз'яснено види поширеної архітектури застосунків, які виконуються на хмарах, особливості їх масштабування, балансування, групування, а також загальні принципи забезпечення надійності системи. Обґрунтовано причини та потреба у втручанні в механізм планування автоматичного розподілу задач для забезпечення більшої ефективності системи в плані енергетики та економії ресурсів. На основі проведеного аналізу визначено цілі та виконано постановку задачі дослідження, що є фундаментом для подальшої роботи.

У другому розділі «Математична модель розподілу навантаження в хмарному планувальнику ресурсів» описана ідея пошуку доповнювальних груп, що є центральною концепцією запропонованого методу. Досліджено існуючі методи та алгоритми, а також особливості пошуку доповнень у контексті хмарних систем. Обґрунтовується причина вибору нечіткої теорії ґраток для вирішення поставленої задачі, що підкреслює інноваційний підхід. Дмитренко О.А. пропонує оригінальну математичну модель, яка відрізняється від існуючих тим, що оперує доповнювальними групами мікросервісів, дозволяючи більш ефективно використовувати ресурси багатосерверної системи для побудови функції оптимізації.

У третьому розділі «Комплексний метод доповнювального розподілення обчислювального навантаження в багатосерверній системі» детально описана ідея, метод та алгоритм визначення доповнювальних груп, що є ключовим внеском дисертантки. Наведені рисунки для підкріплення ідеї, зроблені програмно, що демонструє практичну реалізацію концепції. Метод полягає у

розділенні всього або поточного об'єму нормалізованих часових рядів навантажень мікросервісів за ключовим параметром (ЦП, ОП, мережевий ресурс) на кластери за схожим шаблоном. Дмитренко О.А. пропонує обрати поділ на 5-7 стандартних груп за типом споживання ресурсу. Наступним етапом буде комбінація часових рядів за принципом протилежних навантажень у різні моменти часу з метою формування спільної групи зі сталим навантаженням протягом доби. Такі групи пропонується формувати для робочих, святкових та вихідних днів, що враховує специфіку використання ресурсів.

У четвертому розділі «Апробація та аналіз ефективності розробленого комплексного методу пошуку доповнювальних навантажень» зроблено огляд інструментів моніторингу та написання коду, які надають можливість зібрати історичні дані та реалізувати метод доповнювальних навантажень на практиці, зокрема для платформи Kubernetes. Проведено імітаційне моделювання за допомогою мови програмування Python, що дозволило перевірити працездатність та ефективність запропонованого підходу в контрольованих умовах. Детально описано етапи оцінки ефективності представленого методу, що базуються на статистичних даних хмарних провайдерів за швидкістю виконання задач, типом задач та ресурсів, часом активності задач та ін., забезпечуючи об'єктивність оцінки. Обґрунтовані два варіанти покращення методу автомасштабування для економії серверних ресурсів: частково на всіх кластерах або на виділеному кластері під доповнювальні групи. Результати імітаційного експерименту представлені здебільшого у вигляді таблиць даних, що наочно показують перевагу запропонованого методу за всіма визначеними критеріями ефективності.

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. Розділ 1 містить загальновідомі факти та інформацію, що не істотно впливає на зміст роботи. Даний розділ слід було б значно скоротити.

2. В розділі 3.2.1 твердження «Для представленого методу, основною якістю, якою має бути наділений елемент програмного забезпечення, є можливість горизонтального масштабування. Всі мікросервіси мають таку характеристику» є бажаним, але не істинним.

3. У розділі 4 представлено велику кількість таблиць, тоді як кількість графічних матеріалів невелика. Візуалізація (графіки) часто є більш наочною для демонстрації результатів.

4. Таблиця 4.6 останній рядок порожній

5. В розділі 2 краще було розписати більше інформації на тему підхожості нечіткої логіки до рішення задачі через розписані основні твердження логіки та доведення їх працездатності в новостворених умовах.

6. В розділах 2 та 3 нумерація формул хоч і є, але неповністю відповідає вимогам форматування, адже не всі номери чітко розташовані біля полів.

7. В розділі 3 розписано метод доповнювальних навантажень, та сказано, що на одному з етапів вибір пар або груп мікросервісів реалізуватиметься методом множинного рюкзака. При цьому саме застосування методу не розписане, чи є у нього обмеження та особливості при застосуванні у даній задачі.

8. Хоча робота в цілому написана правильною мовою, зустрічаються окремі випадки, де зв'язність певних речень могла б бути покращена для більш плавного та чіткого донесення думки. Також, у деяких місцях було б доречно перевірити орфографічні помилки у конкретних словах чи фразах.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість<sup>172</sup> результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Дмитренка 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

електроніки та телекомунікацій. 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.

**Офіційний опонент:**

декан факультету інформатики  
Національного університету  
"Києво-Могилянська академія",  
д.т.н., проф.

/  /

ГЛИБОВЕЦЬ Андрій

М.П.

« 9 » серпня 20 25 року

Особистий підпис  
**ЗАСВІДЧУЮ**  
Начальник ВК

