РЕЦЕНЗІЯ
на дисертаційну роботу
Прокопець Наталії Андріївни
на тему «Енергоефективне обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної мережі»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації
за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації.

Зростання цін на енергоносії призвело до того, що проблема енергоефективності телекомунікаційних технологій стала однією з основних при побудові мереж передачі даних. Енергоспоживання обладнання телекомунікаційної галузі, що забезпечує обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційних мереж, є високим та потребує зниження при збереженні високого рівня якості обслуговування абонентів. Цей факт обумовлює актуальність досліджуваної у дисертаційній роботі теми енергоефективності обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційних мереж і забезпечення високого рівня якості обслуговування користувачів.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Здобувачем запропоновано новий комплексний метод енергоефективного обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної мережі, що відрізняється від відомих використанням індивідуальних моделей енергоспоживання обчислювальних вузлів, поєднанням переваг підходів горизонтального масштабування та енергоефективного розподілу задач, врахуванням динамічних змін інтенсивності вхідного навантаження.
2. Здобувачем запропоновано формалізовану модель процесу обслуговування навантаження в інформаційно-комунікаційній мережі у вигляді онтологічної моделі. Модель має елементи наукової новизни і дозволяє описати складні взаємозв'язки між факторами, що впливають на процес функціонування системи, і показниками ефективності рішення задач.
3. Здобувачем удосконалено математичну модель системи розподіленого

обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної мережі як СМО. Запропонована модель відрізняється від відомих тим, що враховує динамічні зміни інтенсивності вхідного навантаження та дає можливість використання технік паралелізації при розробці ПЗ сучасних ІКМ. Це є науковою новизною.

4. Здобувачем удосконалено існуючі підходи щодо горизонтального масштабування обчислювальної системи шляхом використання індивідуальних моделей енергоспоживання обчислювальних вузлів та застосування механізму прогнозування динамічних відхилень вхідного навантаження, що також є науковою новизною.

Достовірність та обґрунтованість отриманих наукових результатів забезпечується використанням у роботі апробованого математичного апарату, коректним добором використаних показників і критеріїв ефективності, підтвердженням теоретичних положень експериментальними результатами, зокрема шляхом застосуванням методів лабораторного експерименту та імітаційного моделювання. Обґрунтованість наукових положень та висновків, отриманих у роботі, забезпечується також їх широкою апробацією на міжнародних наукових конференціях та публікацією результатів у фахових наукових виданнях.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі інформаційно-комунікаційних технологій та систем КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках держбюджетної теми 2218п «Гетерогенна мережа збору, передачі та обробки інформації для системи розподіленої генерації MicroGrid» (номер державної реєстрації 0119U001184) та держбюджетної теми 2313п «Побудова інформаційно-аналітичної платформи для супроводження функціонування кіберфізичних систем» (номер державної реєстрації 0120U102298), а також в рамках Міжнародного проекту “Research Guidance System for Organizations Based on Self-improvement Domain Knowledge Map and Customized Industry Knowledge Graph” за співпраці КПІ ім. Ігоря Сікорського та Інституту інформаційних досліджень академії наук провінції Шандунь, КНР (номер договору 0305/55-М) під керівництвом професора кафедри інформаційно-комунікаційних технологій та систем, д.т.н., професора Глоби Л.С.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання щодо підвищення енергоефективності та продуктивності обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної мережі при дотриманні вимог щодо доступності системи за рахунок використання індивідуальних моделей енергоспоживання обчислювальних вузлів, поєднання переваг підходів горизонтального масштабування та енергоефективного розподілу задач з врахуванням непередбачуваних динамічних змін інтенсивності вхідного навантаження виконано повністю, здобувач повною мірою оволоділа методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Прокопець Н.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 з а результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Прокопець Наталії Андріївни 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 мовою. Зміст роботи викладено чітко та логічно із використанням загальноприйнятої у галузі термінології та наукової лексики. Дисертаційна робота Прокопець Н.А. характеризується послідовністю та доступністю викладення наукових положень та результатів.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 217 сторінок.

У вступі здобувач обґрунтовано висвітлює актуальність досліджуваної теми, формулює предмет, об'єкт, мету і завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Крім того, у вступі наведено інформацію про впровадження результатів роботи, публікації, та апробацію наукових результатів.

У першому розділі здобувач проводить ґрунтовний аналіз сучасного стану проблеми забезпечення енергоефективності обслуговування навантаження ІКМ на основі репрезентативної бази вітчизняних та зарубіжних наукових джерел. Крім того, у першому розділі здобувач чітко визначає показники та критерій ефективності досліджуваного процесу, що надалі використовуються при викладенні наукових положень у роботі.

Другий розділ присвячено методам дослідження проблеми забезпечення енергоефективності обслуговування навантаження ІКМ. У розділі докладно описано процес побудови математичної моделі об'єкта дослідження із застосуванням методів теорії масового обслуговування та інтелектуального аналізу даних (зокрема онтологічного аналізу).

У третьому розділі здобувач описує оригінальний комплексний метод енергоефективного обслуговування навантаження ІКМ. На початку розділу чітко висвітлено основну ідею запропонованого методу, після чого обґрунтовано наводиться докладний формальний опис методу з вказанням очікуваного впливу на обрані показники та критерій ефективності процесу обслуговування навантаження ІКМ.

Четвертий розділ містить підкріплення теоретичних результатів дослідження емпіричними даними щодо ефективності запропонованого комплексного методу та адекватності побудованих моделей. У цьому розділі докладно описано процес перевірки ефективності запропонованого комплексного методу шляхом застосування методів лабораторного експерименту та імітаційного моделювання. Ефективність запропонованого методу підтверджується емпіричними даними.

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 19 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 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, 9 тез доповідей на конференціях проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, 4 розділи колективних монографій, 1 тези у матеріалах конференції.

Також результати дисертації були апробовані на 10 наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача Прокопець Н.А. характеризуються високим рівнем підготовки, оригінальністю та дотриманням принципів академічної доброчесності. Для наукових праць, опублікованих у співавторстві та зарахованих за темою дисертації, чітко вказано особистий внесок здобувача, зокрема у роботах:

1. Globa, Larysa, Gvozdetska (Prokopets), Nataliia & Novogrudska, Rina. (2021). Ontological model for data processing organization in information and communication networks. *System research and information technologies*. pp. 47-60. ISSN: 1681–6048. DOI: https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2021.1.04.
Особистий внесок здобувача: онтологічна модель системи розподіленої обробки навантаження, також описана у дисертаційній роботі у другому розділі.

2. Прокопець, Н. А., Глоба, Л. С. (2022). Математичне моделювання процесу обслуговування навантаження в інформаційно-комунікаційній мережі, *Проблеми телекомунікацій*, (1 (30)), сс. 18-31. ISSN: 2220-6922. DOI: https://doi.org/10.30837/pt.2022.1.02.
Особистий внесок здобувача: математична модель системи розподіленого обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної мережі як СМО, описана у дисертаційній роботі у другому розділі.

3. Prokopets, N., Globa, L. (2022). Comprehensive method of energy-efficient workload processing in the information and communication network. *Information and Telecommunication Sciences*, (2), pp. 34-45. ISSN: 2312-4121. DOI: https://doi.org/10.20535/2411-2976.22022.34-45.
Особистий внесок здобувача: комплексний метод енергоефективного обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної мережі, що є основним науковим результатом дисертаційного дослідження, та описаний у третьому розділі дисертації.

4. Глоба, Л. С., Гвоздецька (Прокопець), Н. А., Прокопець, В. А., & Степурін, О. В. (2017). Енергоефективний підхід до розподілу задач у серверному кластері. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління*, (34), сс. 18-28. ISSN: 2524-2601.
Особистий внесок здобувача: удосконалений підхід щодо енергоефективного розподілу задач у серверному кластері, що також є науковою новизною та описано у третьому розділі дисертації.

5. Globa, L., Gvozdetska (Prokopets), N., Prokopets, V., Stryzhak, O. (2019). QoS and Energy Efficiency Improving in Virtualized Mobile Network EPC Based on Load Balancing. In: Pejaś, J., El Fray, I., Hyla, T., Kacprzyk, J. (eds) *Advances in Soft and Hard Computing. ACS 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 889. Springer, Cham*. (pp. 140-149). ISSN: 2194-5357. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03314-9_13.
Особистий внесок здобувача: модель процесу розподілу навантаження у мережі оператора ІКМ.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Основними зауваженнями до дисертаційної роботи є:

1. У першому розділі роботи здобувач наводить загальну постановку задач і дає опис вхідних даних, які потім використовуються при проведенні досліджень. Однак при описі запропонованих моделей та методів (наприклад, методу побудови шаблонів масштабування) опис вхідних даних та їх конкретизація відсутні. Це ускладнює процес аналізу отриманих результатів роботи.

2. В роботі запропонована математична модель системи розподіленого обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної мережі у вигляді системи масового обслуговування. Ця модель враховує динамічні зміни інтенсивності вхідного навантаження в реальному масштабі часу. Було б доцільно мати оцінку точності і достовірності показників вхідного навантаження.

3. В роботі введені нові терміни таки як, «підхід», «шаблон масштабування». Ці назви фігурують при описі нових отриманих результатів. Було би доцільно використовувати стандартну термінологію, чи дати визначення нової термінології з використанням стандартних термінів.

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. Вони можуть бути використані при виконанні подальших наукових досліджень.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Прокопець Наталії Андріївни на тему «Енергоефективне обслуговування навантаження інформаційно-комунікаційної мережі» 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 «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 Прокопець Наталія Андріївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент:
Професор кафедри телекомунікацій
НН ІТС КПІ ім. Ігоря Сікорського
доктор технічних наук, професор /_____/ Олександр РОМАНОВ
(підпис)

Підпис Романова О.І. засвідчую:
Заступник директора НН ІТС
КПІ ім. Ігоря Сікорського
з навчально-методичної роботи /_____/ Валерій ПРАВИЛО
(підпис)

М.П. «7» квітня 2023 року