

**Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Кирику М.І.**

РЕЦЕНЗІЯ

проректора з наукової роботи, професора кафедри телекомунікацій Навчально-наукового інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки Національного університету «Львівська політехніка» д.т.н., доц. Демидова Івана Васильовича на дисертаційну роботу Пелеха Назара Володимировича "Підвищення ефективності функціонування хмарних систем для інформаційно-комунікаційних сервісно-орієнтованих мереж", представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та поява великої кількості багатофункціональних кінцевих пристроїв, таких як смартфони та планшети, призвели до появи численної кількості різноманітних сервісів та застосувань, які підвищують вимоги до продуктивності мережної інфраструктури. Для підтримки належної якості надання сервісів була розроблена сервісно-орієнтована архітектура, яка підтримує механізми контролю показників якості обслуговування у всіх сегментах мережної інфраструктури. Крім того, поява концепції хмарних обчислень відкриває нові горизонти для побудови сервісно-орієнтованих мереж, за рахунок використання високопродуктивних центрів обробки даних. Змінюється (в глобальному розумінні) структура мережних рішень, коли центри обробки даних мають високошвидкісні виділені канали зв'язку між окремими компонентами, що є географічно розподіленими, проте доступ до таких метасистем відбувається через обмежену кількість зовнішніх мережних інтерфейсів. Традиційні методи контролю навантаження, мережної безпеки зіштовхуються з доволі потужною множиною викликів – адже одна і та сама послуга (або програмно реалізований сервіс) може генерувати кардинально різні навантаження для окремих мережних сегментів, і цей трафік буде по-різному сприйматися граничними мережними доменами, які його обслуговують, генеруючи за запитами відповідних множин географічно розташованих клієнтів.

Отже, поєднання технології хмарних обчислень із сервісно-орієнтованою архітектурою мережі створює передумови для побудови гнучких та високопродуктивних інформаційних систем, які би надали змогу забезпечити різноманіття сервісів у мережі. Проте, наразі є ряд задач, які потребують розв'язання з метою забезпечення надійного та ефективного функціонування подібного штибу інформаційних систем. Зокрема, існуючі способи інтеграції виявляються недоопрацьованими у зв'язку із відсутністю повноти інформації про структуру їх (горизонтально-вертикальної) взаємодії та оцінки ефективності функціонування (а також масштабування, що залежатиме від інтенсивності зазначених у цьому абзаці процесів). Тому, необхідно належним чином урахувати параметри телекомунікаційної інфраструктури з метою визначення її ефективною конфігурації з урахуванням конвергенції хмарних потужностей для забезпечення належної якості надання різного роду сервісів, особливо в контексті їх прикладної інтеграції на мережах конкретних провайдерів.

Таким чином, актуальною є тема дисертаційних досліджень Пелеха Назара Володимировича, яка присвячена розв'язанню науково-практичного завдання - підвищення ефективності функціонування хмарних систем при їх інтеграції у сучасні інформаційно-комунікаційні сервісно-орієнтовані мережі шляхом розроблення методу кластеризації серверних вузлів, удосконалення моделей оцінювання ефективності функціонування хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів та розвитку систем інтелектуального виявлення мережних атак у сучасних мережних середовищах.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Робота викладена на 170 сторінках, включаючи 115 сторінок основного тексту. Перелік використаних джерел містить 120 найменувань.

У *вступі* до дисертації подано загальну характеристику дисертаційної роботи, обґрунтовано всі процедурні положення та подано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У *першому розділі* дисертації проведено аналіз принципів побудови, підходів та особливостей інтеграції хмарних систем у інформаційно-комунікаційні мережі провайдерів телекомунікацій. Встановлено, що попри усі переваги, які підприємства і провайдери отримують при інтеграції хмарних систем, їх ефективність функціонування погіршується за рахунок динамічного характеру хмарного середовища та різноманітності запитів користувачів, в умовах більш статичного реагування базової мережної інфраструктури на такі запити, порівняно з розгортанням сервісів на відповідних хмарних платформах. Під'єднання хмарної інфраструктури займає досить тривалий час та потребує відповідної кваліфікації системних адміністраторів, які відповідають за її

конвергенцію. Додаткові складнощі полягають у реалізації інтегрованої системи управління та налаштування специфічного оркестратора, як основного компонента хмарної системи. У зв'язку з цим проблема зводиться не лише до підвищення ефективності функціонування інформаційно-комунікаційних сервісно-орієнтованих мереж, а й до підвищення захищеності даних і самої ІКТ-системи від несанкціонованого доступу, що є особливо актуальним на сьогоднішній день.

У *другому розділі* роботи запропоновано моделі, методи та алгоритми підвищення ефективності функціонування хмарних систем, з погляду на них, як на компоненти сервісно-орієнтованих мереж. Зокрема, запропоновано удосконалену математичну модель оцінки ефективності функціонування хмарних систем в умовах групового надходження запитів від користувачів, метод кластеризації вузлів хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів, що дає змогу підвищити ефективність функціонування хмарних систем, в яких одночасне обслуговування групових потоків запитів забезпечує достатньо велика кількість віртуальних машин. Розроблено алгоритм кластеризації і вибору головного вузла кластера, особливістю якого є визначення головного вузла кластера із урахуванням центральності на основі діаграм Вороного, правил нечіткої логіки та моніторингу параметрів вузлів.

У *третьому розділі* доведено ефективність запропонованих методів та моделей підвищення ефективності функціонування хмарних систем за рахунок проведеного дослідження на основі розгорнутої моделі інформаційно-комунікаційної сервісно-орієнтованої мережі з використанням CDN серверів як PaaS сервісу з використанням хмарної архітектури Azure Cloud. Здійснено реалізацію удосконаленої математичної моделі оцінювання ефективності функціонування хмарних систем в умовах групового надходження запитів, та методу кластеризації вузлів хмарних систем. В результаті дослідження запропонованих рішень досягнуто зменшення тривалості завантаження статичного контенту з кеш-серверів. Одержані автором результати у достатній мірі підтверджують ефективність запропонованих рішень.

У *четвертому розділі* дисертаційної роботи розроблено інтегровану архітектуру системи інтелектуального виявлення DDoS атак у розглянутих автором інформаційно-комунікаційних мережах. Основною особливістю архітектури є розроблена за участю автора дисертаційного дослідження реалізація підсистеми аналізу log-файлів, яка є елементом інтегрованої системи управління, що аналізує потенційні проблеми і запускає запобіжні механізми, або може повідомляти системних адміністраторів про порушення безпеки системи. Крім того, розроблено комплексний підхід до аналізу історії мережних логів, особливістю якого є проведення паралельного дослідження ентропійних статистичних властивостей потоків запитів. Для його реалізації використовуються два методи: структурований та неструктурований аналіз

даних. Запропоновано неструктурований метод аналізу даних, який базується на дослідженні ентропійних властивостей записів лог журналів. Метод реалізує алгоритм знаходження ентропії записів, створених за певний проміжок часу та аналізі останніх значень ентропії для всіх файлів журналу в системі. Розроблено структурований метод аналізу даних, який базується на визначенні метрики поведінки трафіку використовуючи підхід Кульбака — Лейблера для виявлення аномалій потоку за часом тривалості сесії. Доведено, що використання комплексного підходу до аналізу лог журналів із використанням як структурованого, так і неструктурованого аналізу службових файлів дало змогу відстежувати як наявні загрози, так і прогнозувати атаки на мережу в цілому за рахунок використання елементу машинного навчання як окремої підсистеми інтегрованої архітектури управління мережною системою.

У додатках до роботи подано акти впровадження її результатів та список публікацій здобувача за темою дисертації та інформацію щодо апробації одержаних практичних результатів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Пелеха Назара Володимировича, впливають з наступного:

- у роботі коректно використано математичний апарат теорії ймовірностей та математичної статистики, методів оптимізації, а також методи теорії штучного інтелекту;
- отримані результати не суперечать фундаментальним основам інформаційних систем та відповідають духу і букві існуючих документів ІТУ-Т;
- достовірність отриманих претендентом науково-практичних результатів засвідчено актами впровадження;
- отримані нові результати гармонійно доповнюють відомі;
- матеріали дисертації обговорювались на 7-ми міжнародних та Всеукраїнських науково-технічних конференціях, а також на наукових семінарах, і отримали схвальну оцінку.

Дисертантом на достатньому науковому рівні обґрунтовано вибір теми, її актуальність, визначено мету, завдання, об'єкт, предмет, аргументовано використання обраних методів дослідження. Автор поставив перед собою мету – підвищення ефективності функціонування хмарних систем при їх інтеграції у сучасні інформаційно-комунікаційні сервісно-орієнтовані мережі із реалізацією інтелектуального виявлення кіберзагроз. Вважаю, що поставлену мету досягнуто у належній мірі.

Відповідно, вперше запропоновано інтегровану архітектуру системи інтелектуального виявлення DDoS атак у інформаційно-комунікаційних мережах на основі комплексного підходу до аналізу лог-документів із використанням як структурованого, так і неструктурованого аналізу їх

службових файлів. Її реалізація дозволить відстежувати як наявні загрози, так і проактивно запобігати атакам на мережну систему.

Автором удосконалено математичну модель оцінки ефективності функціонування хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів, яка, на відмінну від існуючих, враховує можливість обслуговування при груповому надходженні запитів та розподілений час обслуговування запитів.

Удосконалено метод кластеризації вузлів хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів, який відрізняється від відомих урахуванням правил нечіткої логіки та центральності по діаграмам Вороного для визначення головного вузла кластера, що дало змогу зменшити тривалість пошуку маршруту між довільною парою вузлів та підвищити ефективність інтеграції хмарних систем.

Не викликає сумніву і практичне значення одержаних результатів. Основні положення, викладені в дисертації можуть слугувати науковою основою для розроблення нормативних документів щодо інтеграції хмарних систем у інформаційно-комунікаційні сервісно-орієнтовані мережі провідних провайдерів телекомунікацій.

Матеріали дисертації пройшли необхідну апробацію, обговорювалися на міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях. Основні результати дослідження достатньо повно висвітлені у 12 наукових працях, серед яких 3 статті у наукових фахових виданнях України та 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави, що входять до міжнародних науково-метричних баз даних, 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави; 7 публікацій у збірниках тез наукових конференцій (зокрема 6 – у виданнях, які індексуються наукометричними базами даних Scopus та Web of Science). Опубліковані праці повністю висвітлюють матеріали дисертаційної роботи.

Дисертація Пелеха Н.В. повністю відповідає спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Підстав для сумнівів у науковій добросовісності і рівні наукової підготовки здобувача під час детального ознайомлення з дисертаційною роботою не виявлено. Узгодженість тексту дисертації із науковими працями дисертанта, що пройшли, зокрема, множинне рецензування, свідчить про відсутність ознак фальсифікації. Проведений аналіз основних ідей та методів, дотичних до тематики інших робіт містить відповідні посилання.

Подана до захисту дисертаційна робота свідчить про наукову зрілість дисертанта, його вміння бачити актуальні проблеми в галузі, готовність розв'язувати їх на достатньо високому науковому рівні. В цілому, дисертаційна робота Пелеха Н.В. за своїм змістом і формою є завершеним самостійним дослідженням. Позитивно оцінюючи наукове і практичне значення

дисертаційної роботи, повинен відзначити, що мають місце деякі зауваження та побажання дискусійного характеру:

1. З п. 2.1 у другому розділі не зовсім зрозуміло, у чому полягає модифікація математичної моделі оцінки ефективності функціонування хмарних систем в умовах групового надходження запитів: як саме враховується розмір запиту?

2. З тексту роботи не зовсім зрозуміло, що розуміється під груповим потоком запитів. Варто привести посилання на літературні джерела, або ж дати роз'яснення цьому поняттю.

3. Знімок екрану середовища моделювання на рис. 3.2-3.3 складний для читання, через надто малий шрифт. Можливо, варто винести текст за межі рисунку, щоб покращити його сприйняття та розуміння.

4. Результати завантаження та доступу до контенту за різних умов і географічного розташування серверів, наведені на рис. 3.18 – 3.22, при реалізації моделі сервісно-орієнтованої мережі з використанням CDN серверів як PaaS сервісу губляться, через надто сильну деталізацію процесу їх отримання.

5. Не зовсім зрозуміло у чому полягає суть інтегрованої архітектури інтелектуального виявлення атак та роль машинного навчання при її реалізації. Варто зацентувати увагу на паралелізації процесу аналізу лог-журналів та постійному моніторингу ентропійних показників отриманих даних, що і є основою для машинного навчання.

6. У роботі часто вживається термін cloud-сервіс, який доцільніше замінити на хмарний сервіс.

7. Присутні незначні стилістичні та граматичні помилки.

Проте, висловлені зауваження і побажання не знижують загальної високої оцінки проведеного дослідження.

Аналіз дисертації та опублікованих праць дає підстави для надання висновку про те, що дисертація Пелеха Назара Володимировича на тему «Підвищення ефективності функціонування хмарних систем для інформаційно-комунікаційних сервісно-орієнтованих мереж» є завершеною, самостійно виконаною науковою працею, що має вагоме теоретичне і прикладне значення. У дисертації розв'язано конкретне наукове завдання - підвищення ефективності функціонування хмарних систем при їх інтеграції у сучасні інформаційно-комунікаційні сервісно-орієнтовані мережі шляхом розроблення методу кластеризації серверних вузлів, удосконалення моделей оцінювання ефективності функціонування хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів та розвитку систем інтелектуального виявлення мережних атак у сучасних мережних середовищах, що дає змогу відстежувати як наявні загрози, так і прогнозувати атаки на мережну систему в цілому, що, зокрема, має важливе значення для галузі знань 17 Електроніка та

телекомунікації.

Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», вимогам освітньо-наукової програми, яку успішно завершив здобувач, вимогам 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), а її автор – Пелех Назар Володимирович – може бути рекомендований для присудження, за умови розгляду разовою спеціалізованою вченою радою рецензованої дисертаційної роботи, ступеня доктора філософії зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Рецензент

доктор технічних наук, доцент,
проректор з наукової роботи,
професор кафедри телекомунікацій
Національного університету
"Львівська політехніка"

І.В. Демидов

Підпис д.т.н., доцента Демидова І.В. засвідчую

Вчений секретар

Національного університету
«Львівська політехніка»

к.т.н., доцент



Р.Б. Брилинський