

Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 58.082.149
Західноукраїнського національного
університету
доктору технічних наук, професору
САЧЕНКУ Анатолію Олексійовичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, доцента **ОСУХІВСЬКОЇ Галина Михайлівни**
на дисертаційну роботу ПОПИКА Юрія Ігоровича
на тему: «Знання-орієнтована програмна система управління корпоративними
комп'ютерними мережами» на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Сучасний стан розвитку корпоративних комп'ютерних мереж характеризується суттєвим зростанням їх складності, масштабованості, неоднорідності програмно-апаратних компонентів та необхідністю забезпечення високого рівня надійності, безпеки й адаптивності до змін умов функціонування. Традиційні підходи до адміністрування корпоративних мереж, що значною мірою базуються на ручному конфігуруванні, використанні окремих спеціалізованих інструментів моніторингу та локальній оптимізації параметрів мережі, не забезпечують необхідної оперативності прийняття рішень та узгодженості процесів керування. Тому особливої актуальності набуває застосування інтелектуальних засобів підтримки прийняття рішень, здатних інтегрувати інформацію про структуру мережі, її ресурси, сервіси, правила конфігурування та експлуатаційні

обмеження у єдиному інформаційному просторі. У цьому контексті перспективним напрямом є використання онтологічного моделювання, яке забезпечує формалізацію знань предметної області, логічне виведення нових знань та підтримку автоматизованого формування конфігурацій мережевої інфраструктури.

У дисертаційній роботі запропоновано комплексний підхід до побудови знання-орієнтованої системи управління корпоративними комп'ютерними мережами, який поєднує онтологічне представлення знань, механізми логічного виведення, метод онтологічно-керованого конфігурування та математичну модель багатокритеріальної оптимізації мережевих конфігурацій. Такий підхід спрямований на підвищення ефективності процесів адміністрування корпоративних мереж, автоматизацію прийняття рішень та зменшення впливу людського фактора під час конфігурування й експлуатації мережевої інфраструктури.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Попика Юрія Ігоровича є актуальною, відповідає сучасним тенденціям розвитку програмної інженерії, інтелектуальних інформаційних технологій, систем управління комп'ютерними мережами, та має як наукову, так і практичну значущість.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота Попика Ю.І. пов'язана з науковими дослідженнями кафедри комп'ютерних наук Західноукраїнського національного університету та виконувалася в рамках пріоритетного напрямку «Інформаційні та комунікаційні технології» відповідно до закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», а саме - держбюджетного прикладного дослідження на тему: «Інформаційна технологія забезпечення ефективної акумуляції електроенергії гібридною електростанцією» (державний реєстраційний номер 0126U002209). В рамках якого автором запропоновано та обґрунтовано метод онтологічно-керованого конфігурування корпоративної комп'ютерної мережі, який ґрунтується

на семантичному поданні знань про мережеві ресурси, сервіси та множину задач, що розв'язуються в мережі, що забезпечує автоматизоване формування конфігурацій на основі механізмів логічного виведення.

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

У дисертаційній роботі Попика Ю.І. досягнуто низки вагомих наукових і практичних результатів, які дозволяють підвищити ефективність управління корпоративними комп'ютерними мережами шляхом розроблення моделей і методів на основі знання-орієнтованого підходу, що враховують структуру мережі, її ресурси та множину задач, які ними розв'язуються. Основними результатами, які мають наукову новизну є:

- вперше розроблено онтологічну модель корпоративної комп'ютерної мережі, яка, на відміну від існуючих підходів до опису мережевої інфраструктури, враховує семантичні зв'язки між ресурсами мережі, сервісами та множиною задач, що ними розв'язуються, забезпечуючи формалізоване подання знань для підтримки процесів конфігурації та управління корпоративною мережею, що дозволило підвищити обґрунтованість прийняття управлінських рішень і скоротити час налаштування мережевих ресурсів;

- вперше запропоновано метод онтологічно-керованого конфігурування корпоративної комп'ютерної мережі, який ґрунтується на семантичному поданні знань про мережеві ресурси, сервіси та множину задач, що розв'язуються в мережі, та, на відміну від традиційних підходів до конфігурування, забезпечує автоматизоване формування конфігурацій на основі механізмів логічного виведення;

- вперше запропоновано та обґрунтовано архітектуру програмної онтологічно-керованої системи управління корпоративними комп'ютерними мережами, яка забезпечує інтеграцію формалізованих знань про структуру мережі, її ресурси та множину задач із моделями динамічного розподілу навантаження,

механізмами логічного виведення та адаптивного прийняття рішень, що створює теоретичну та програмну основу для побудови самоналаштовуваних систем управління корпоративними мережами;

- набула подальшого розвитку математична модель розподілу навантаження між центрами термінальних кластерів, яка, на відміну від існуючих моделей на основі локальних показників завантаженості ресурсів, базується на розв'язанні багатокритеріальної задачі оптимізації з використанням онтологічного подання знань про ресурси мережі та множину задач, що дозволяє здійснювати пошук субоптимальних рішень щодо розподілу навантаження за критеріями продуктивності, збалансованості використання ресурсів та якості обслуговування користувачів.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний зміст роботи логічно структурований і послідовно розкриває процес вирішення поставленого наукового завдання – розроблення моделей, методів та програмних засобів знання-орієнтованого управління корпоративними мережами на основі онтологічного представлення знань та багатокритеріальної оптимізації.

Вступ містить обґрунтування актуальності обраної тематики, формулювання мети та задач дослідження, визначення його об'єкта і предмета, виклад наукової новизни та практичної значущості одержаних результатів, інформацію про зв'язок із науковими програмами і темами, а також відомості про апробацію результатів та авторські публікації за темою дисертації.

У першому розділі «Аналіз методів та програмних засобів для побудови знання-орієнтованих програмних систем» автором здійснено аналіз сучасного стану досліджень у сфері управління корпоративними комп'ютерними мережами, проведено аналіз особливостей їх функціонування, моніторингу, конфігурування та

балансування навантаження. розглянуто існуючі підходи до автоматизації адміністрування мережевої інфраструктури, особливості використання систем підтримки прийняття рішень, методів інженерії знань та онтологічного моделювання. Значну увагу приділено аналізу переваг і недоліків існуючих методів та програмних засобів керування корпоративними мережами, а також визначенню проблем, пов'язаних із недостатнім рівнем інтелектуалізації процесів конфігурування та підтримки прийняття рішень. Досліджено знання-орієнтовані підходи до побудови інтелектуальних інформаційних систем, проаналізовано методи формалізації знань, включаючи логічні моделі, продукційні системи, семантичні мережі, фреймові структури та онтології. А також розглянуто можливості використання нечіткої логіки, машинного навчання та штучних нейронних мереж для підтримки процесів управління мережевою інфраструктурою. За результатами проведеного аналізу сформульовано наукове завдання дослідження, обґрунтовано необхідність створення знання-орієнтованої системи управління корпоративною мережею, що поєднує можливості онтологічного моделювання, логічного виведення та багатокритеріальної оптимізації.

У другому розділі «Онтологічне моделювання процесів у корпоративних комп'ютерних мережах» розроблено теоретичні засади побудови знання-орієнтованої системи управління корпоративними мережами. Запропоновано онтологічну модель корпоративної мережі, яка формалізує знання про мережеві ресурси, сервіси, користувачів та множину задач у вигляді концептів, відношень, аксіом та правил логічного виведення. Такий підхід забезпечує цілісне представлення знань про корпоративну мережу та створює основу для автоматизованого логічного виведення. Удосконалено математичну модель розподілу навантаження між центрами термінальних кластерів на основі багатокритеріальної оптимізації та онтологічного подання знань про ресурси корпоративної комп'ютерної мережі й множину задач. Запропонована модель дозволяє враховувати семантичні взаємозв'язки між задачами, сервісами та

мережевою інфраструктурою під час формування оптимальних конфігурацій розподілу навантаження, не лише поточний стан ресурсів.

У третьому розділі «Архітектура знання-орієнтованої системи управління корпоративними комп'ютерними мережами» розроблено архітектуру знання-орієнтованої системи управління корпоративними комп'ютерними мережами. Запропонована багаторівнева програмна архітектура забезпечує інтегрування підсистеми моніторингу, управління онтологічною базою знань, логічного виведення, конфігурування та оптимізації. Автором визначено систему критеріїв оцінювання ефективності конфігурації корпоративної мережі, сформовано математичний опис процесу оптимізації та інтегровано його із запропонованою онтологічною моделлю. Це дозволяє використовувати результати логічного виведення як вихідні дані для процедури оптимізації та забезпечує комплексне прийняття рішень щодо конфігурування мережі. Реалізовано онтологічну базу знань на основі технології OWL та механізм логічного виведення, який забезпечує автоматичне формування нових знань на основі фактів, отриманих від підсистеми моніторингу. Обґрунтовано вибір технологій програмної реалізації та описано особливості інтеграції програмних компонентів у межах єдиної системи.

У четвертому розділі «Знання-орієнтована програмна система для управління корпоративними комп'ютерними мережами» представлено результати програмної реалізації запропонованих моделей, методів та алгоритмів. Автором розроблено програмне забезпечення знання-орієнтованої системи управління корпоративними мережами, описано його архітектуру, функціональні модулі, інтерфейс користувача та особливості взаємодії окремих компонентів. У роботі наведено структуру програмної реалізації онтологічної бази знань, механізмів логічного виведення, модулів багатокритеріальної оптимізації та засобів взаємодії з адміністратором мережі. Значну увагу приділено опису інформаційних потоків між компонентами системи, організації бази знань та алгоритмів оброблення запитів. Реалізовано веб-орієнтоване програмне забезпечення з використанням сучасних технологій

розроблення програмних систем. Проведено оцінювання ефективності запропонованого методу онтологічно-керованого конфігурування та математичної моделі розподілу навантаження між центрами термінальних кластерів. Виконано апробацію запропонованих моделей і методів на прикладі корпоративної мережі Західноукраїнського національного університету та мережі компанії «Колумбус». Отримані результати показали зменшення середньої затримки доступу до сервісів на 29–36 %, зниження завантаження серверних ресурсів на 20–24 %, скорочення кількості порушень політик доступу та покращення інтегральних показників якості функціонування мережі майже на 50 %.

Результати експериментів підтвердили можливість автоматизованого формування конфігураційних рішень, зменшення рівня нерівномірності використання ресурсів мережі та підвищення ефективності функціонування мережевої інфраструктури.

Висновки до розділів і загальні висновки дисертаційної роботи є логічними, достатньо аргументованими й узгодженими з поставленою метою та завданнями дослідження. Аналіз структури і змісту роботи в цілому дає підстави стверджувати, що поставлені у вступі завдання дисертаційного дослідження здобувачем розв'язано послідовно та в повному обсязі.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими, логічно взаємопов'язаними та підтвердженими результатами теоретичних і експериментальних досліджень. Подані у дисертації наукові положення характеризуються достатнім рівнем теоретичної та практичної обґрунтованості. Автором коректно визначено мету дослідження, сформульовано взаємопов'язані наукові завдання та обрано адекватні методи їх розв'язання, що ґрунтуються на використанні сучасного математичного апарату, методів інженерії

знань, онтологічного моделювання, багатокритеріальної оптимізації та технологій підтримки прийняття рішень.

Достовірність отриманих результатів забезпечується послідовною побудовою дослідження від формалізації предметної області та побудови онтологічної моделі до розроблення алгоритмів конфігурування, інтеграції математичної моделі оптимізації та створення програмної реалізації запропонованої системи. Така структура дослідження демонструє логічний взаємозв'язок між окремими етапами роботи та дозволяє простежити процес отримання кінцевих результатів.

Важливим чинником підтвердження достовірності є розроблена знання-орієнтована програмна система управління корпоративною мережею, що включає реалізацію онтологічної бази знань, механізмів логічного виведення, модулів оптимізації та користувацького інтерфейсу. Отримані результати експериментальної перевірки демонструють працездатність запропонованих моделей і методів та підтверджують можливість їх використання для підтримки процесів управління корпоративними мережами, що свідчить про практичну придатність запропонованих підходів і коректність зроблених у дисертації висновків.

Наукові результати дисертаційної роботи пройшли належну апробацію на конференціях та опубліковані у фахових наукових виданнях, що є додатковим свідченням їх актуальності, наукової новизни та визнання науковою спільнотою.

У цілому наведені в роботі результати можна вважати достатньо обґрунтованими, а сформульовані висновки логічно випливають із проведених теоретичних досліджень, розроблених моделей, алгоритмів і результатів їх програмної реалізації.

6. Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробленні знання-орієнтованої програмної системи управління корпоративними комп'ютерними

мережами, яка забезпечує автоматизацію процесів моніторингу, конфігурування мережевих ресурсів, розподілу навантаження та підтримки прийняття рішень на основі онтологічного представлення знань про структуру мережі, її ресурси, сервіси та множину задач, що розв'язуються в мережевому середовищі. Практичне застосування одержаних результатів сприятиме підвищенню ефективності управління корпоративними комп'ютерними мережами.

Результати дисертаційного дослідження знайшли практичне застосування у ПП «Колумбус» для конфігурування корпоративної комп'ютерної мережі; в Центрі інформаційних технологій Західноукраїнського національного університету в процесі реалізації програмних систем, які включають інтеграцію знання-орієнтованого підходу з використанням онтологій; у НДЧ ЗУНУ при виконанні теми: «Інформаційна технологія забезпечення ефективної акумуляції електроенергії гібридною електростанцією»; при виконанні міжнародних проєктів: «TALKING HEADS/Спілкування з мистецтвом минулого» №101174331-CREA-CULT-2024-COOP-2; «Мультифункціональне Фермерство/Multifunctionality Farming (MyFarm) 101140288 ERASMUS-EDU-2023-PI-ALL-INNO-EDU-ENTERP; в освітньому процесі Західноукраїнського національного університету на кафедрі комп'ютерних наук при викладанні дисциплін: «Web-онтології», «Архітектура та проєктування програмного забезпечення», що засвідчує практичну значущість та готовність розроблених програмних рішень до реального використання у виробничій діяльності та освітній практиці.

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу результатів в опублікованих працях

Дисертаційна робота має чітку логічну структуру, що включає вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел із 119 найменувань та 5 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 194 сторінки, з яких основний текст викладено на 155 сторінках. Робота містить 41 рисунок та 18 таблиць.

Дисертацію оформлено згідно з “Вимогами до оформлення дисертації”, затвердженими Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 року №40. Структура дисертаційної роботи є логічною та зв’язною. Основні висновки та рекомендації логічно випливають з отриманих у розділах роботи результатів. Список використаних джерел містить сучасні джерела, що відповідають предметній області дослідження.

У дисертації не виявлено текстових запозичень та використання наукових результатів інших дослідників без належного посилання на відповідні джерела. Список використаних джерел є репрезентативним та відповідає предметній області дослідження.

Основні наукові результати дисертаційної роботи висвітлено у 10 наукових публікаціях загальним обсягом 134 сторінки, зокрема 6 статей у фахових наукових виданнях, 3 з яких входить до міжнародної наукометричної бази Scopus та Web of Science та 1 віднесено до квартилю Q2 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank, та 4 публікацій у матеріалах конференцій.

Аналіз опублікованих матеріалів підтверджує їх повну відповідність темі, структурі та змісту дисертаційної роботи, а також достатнє розкриття основних наукових положень і результатів, винесених на захист.

За кількісними та якісними показниками публікацій дисертаційна робота повністю задовольняє вимоги «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

8. Мова та стиль дисертаційної роботи

Виклад матеріалу в дисертаційній роботі здійснено українською мовою з дотриманням норм академічного стилю. Текст роботи є логічно структурованим, окремі підрозділи послідовно підпорядковані загальній логіці дослідження, а перехід від теоретичних побудов до експериментальних результатів і прикладних

реалізацій виглядає природним. Стиль викладу витриманий, формулювання чіткі, понятійний апарат застосовується послідовно протягом усієї дисертації, що сприяє точному сприйняттю наукових результатів читачем.

Тема, зміст та отримані наукові результати дисертаційної роботи повністю відповідають спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

9. Зауваження та дискусійні питання

Дисертаційна робота Попика Юрія Ігоровича є завершеним і цілісним науковим дослідженням, виконаним на належному теоретичному та методологічному рівні. Разом з тим, у порядку наукової дискусії та з метою подальшого розвитку отриманих результатів доцільно звернути увагу на окремі аспекти, які не знижують загальної наукової та практичної цінності роботи.

1. У роботі розроблено модель розподілу навантаження між центрами термінальних кластерів, але недостатньо деталізовано, як система реагує на різкі, критичні стрибки трафіку або аварійні відключення магістральних каналів зв'язку у реальному часі з урахуванням часу на перерахунок онтологічних правил.

2. У дисертації запропоновано математичну модель багатокритеріальної оптимізації, однак доцільно було б детальніше пояснити причини вибору критеріїв, їх взаємний вплив та чутливість отриманих результатів до зміни вагових коефіцієнтів.

3. Представлені результати апробації розробленої системи на прикладі корпоративної мережі Західноукраїнського національного університету та мережі компанії «Колумбус» підтверджують її працездатність і є переконливими, однак практична цінність дослідження була б ще більш аргументованою за умови проведення додаткових експериментальних досліджень.

4. Оскільки дослідження присвячене знання-орієнтованому управлінню корпоративними мережами, перспективним напрямом розвитку могла б стати

інтеграція онтологічної бази знань із методами машинного навчання для прогнозування мережевого навантаження або виявлення аномалій, що розширило б функціональні можливості запропонованої системи.

5. Окремі ілюстративні матеріали є перевантаженими інформацією та містять недоліки технічного оформлення, наприклад, на рис. 2.2 (стор.57) та рис .2.3 (стор.58) написи накладаються на елементи схем, що погіршує наочність та сприйняття матеріалу.

6. В тексті роботи зустрічаються описки та неточності. Наприклад, у формулах (3.10) – (3.14) наявні технічні огріхи верстки та друкарські помилки, а також візуальне злиття математичних виразів, що ускладнює їх сприйняття. У тексті на стор.109 та стор.111 містяться посилання на формулу (12), проте математичний вираз із такою нумерацією в роботі відсутній. У формулі (2.1) стор.65 відсутні пояснення умовних позначень компонент, хоча ця ж формула разом із дешифруванням її елементів дублюється на стор.77, тощо.

Зазначені зауваження не зменшують наукової новизни, обґрунтованості висновків та практичної значущості результатів дисертаційної роботи, а лише окреслюють можливі напрями подальших наукових досліджень.

Висновок щодо дисертації в цілому

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Попика Юрія Ігоровича на тему: «Знання-орієнтована програмна система управління корпоративними комп'ютерними мережами» є завершеним науковим дослідженням, сукупність теоретичних і практичних результатів якого розв'язує науково-прикладне завдання, що має важливе значення для підвищення ефективності управління корпоративними комп'ютерними мережами шляхом розроблення моделей і методів на основі знання-орієнтованого підходу, що враховують структуру мережі, її ресурси та множину задач, які ними розв'язуються.

З урахуванням актуальності теми дослідження, ступеня наукової новизни одержаних результатів, рівня їх теоретичної та практичної обґрунтованості, повноти відображення у наукових публікаціях, а також дотримання вимог академічної доброчесності, дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та «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 Попик Юрій Ігорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

Тернопільського національного технічного

університету імені Івана Пулюя

Галина ОСУХІВСЬКА



Галина Осухівська
В.П. Попик