

Голові спеціалізованої вченої ради Д35.052.14
Національному університеті
«Львівська політехніка»
вул. Степана Бандери, 28а, м. Львів, 79013

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента Лисенка Сергія Миколайовича на дисертаційну роботу Федевич Ольги Юріївни на тему «Інформаційна технологія аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дисертації. Актуальність та важливість теми дисертаційного дослідження Федевич Ольги Юріївни «Інформаційна технологія аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах» обумовлена інтенсивністю зростання об'ємів трафіку, що передається, як в Україні, так і у світі. Одним із найважливіших завдань комп'ютерних мереж є забезпечення якості обслуговування мережевого трафіку. Це стосується в першу чергу високопріоритетного трафіку, такого як відео/голос, для якого є критичними затримки при передачі кадру та ширина смуги пропускання або корисна пропускна здатність. На обидва параметри має суттєвий вплив інтенсивність заповнення буферів мережного обладнання.

В пропонованій дисертації розглядається розвиток технічних та програмних можливостей передавання трафіку в комп'ютерних мережах, що в свою чергу випереджає впровадження новітніх технологій у методи прогнозування інтенсивності трафіку. Саме це, в сукупності з недоліками нинішніх інформаційних технологій, стає вузьким місцем на шляху розвитку та застосування нових методів та моделей для опису та роботи з мережним трафіком.

З огляду на це, вважаю, що дисертаційна робота Федевич О.Ю. присвячена актуальній тематиці розроблення моделі та методів прогнозування та перерозподілу трафіку.

У дисертаційній роботі Федевич О.Ю. «Інформаційна технологія аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах» подано вирішення цього актуального наукового завдання шляхом розробки методів короткострокового прогнозування інтенсивності трафіку комп'ютерної мережі, та маршрутизації трафіку комп'ютерної мережі у мережному обладнанні.

Для вирішення цього завдання дисертант провів ґрунтовне дослідження методів та засобів моделювання та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах, а також моделей опису трафіку комп'ютерної мережі; розробив предметно-орієнтовану математичну модель трафіку; представив метод короткострокового прогнозування інтенсивності трафіку комп'ютерної мережі та вдосконалив метод маршрутизації трафіку комп'ютерної мережі у мережному обладнанні; надав опис практичної реалізації програмного забезпечення, що реалізує методи короткострокового прогнозування інтенсивності трафіку та методу маршрутизації трафіку у мережному обладнанні; здійснив комп'ютерне імітаційне моделювання функціонування розроблених методів; розробив структурно-функціональну модель інформаційної технології аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах.

Зміст поданої дисертаційної роботи, публікацій та документів впровадження дозволяє визначити наступні положення.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій. Науковий доробок автора полягає в розвитку теорії і практики створення інформаційних технологій аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах й складається з наступних компонентів.

Вперше:

- розроблено предметно-орієнтовану математичну модель трафіку, яка, на відміну від відомих, побудована на основі диференціальних рівнянь коливного руху з одним ступенем вільності, що забезпечує підвищення вірогідності результатів моделювання;
- вперше розроблено метод короткострокового прогнозування інтенсивності трафіку, який за рахунок використання математичного апарату теорії Атеб-функцій підвищує точність прогнозу значень трафіку.

Удосконалено:

- метод маршрутизації трафіку у мережному обладнанні, який ґрунтується на прогнозуванні інтенсивностей завантаження маршрутів та, використовуючи існуючу інформацію про маршрути, забезпечує їх корекцію та зменшує інтенсивність навантаження буфера мережного обладнання;
- отримав подальший розвиток метод перерозподілу трафіку, який за рахунок прогнозування інтенсивності пульсацій потоку даних, забезпечує мінімізацію джиттера трафіку комп'ютерної мережі.

Практичне значення результатів дисертаційного дослідження.

Розв'язання сформульованих завдань є основою побудови інформаційної технології аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах.

Метод короткострокового прогнозування інтенсивності трафіку, а також удосконалений метод маршрутизації трафіку у мережному обладнанні є придатними для використання. Завдяки використанню цих методів, середню часову затримку передавання пакетів з даними було знижено приблизно на 14 – 15% шляхом

обслуговування пакетів в умовах прогнозованого перевантаження мережного обладнання.

Результати досліджень здобувача були використані в Інституті теоретичної та прикладної інформатики Польської академії наук в рамках дослідження трафіку цього Інституту (акт впровадження від 03.02.2017 р.) та в ПП "Цифрові технології" (акт впровадження від 30.12.2016 р.).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані в дисертації. Достовірність отриманих у дисертаційній роботі результатів забезпечується коректністю постановок задач, повнотою формулювання умов, в яких вони розв'язуються та необхідними припущеннями і обмеженнями щодо застосування результатів; використанням сучасного математичного апарату та програмного забезпечення. Наукові положення, рекомендації та висновки, сформульовані в роботі є аргументованими, містять перевірені напрацювання до запропонованих науково-практичних рішень. Отримані результати, положення та висновки стосовно розробленої інформаційної технології аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах достатньо обґрунтовані, що підтверджується позитивним технічним ефектом, отриманим в результаті практичної реалізації та впровадження розроблених моделей і методів. Коректність отриманих практичних результатів підтверджено експериментами та чисельними розрахунками.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота пов'язана з планами науково-дослідної та навчальної роботи інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка». Безпосередньо вона пов'язана з планами наукових досліджень, які виконувалися в межах держбюджетних науково-дослідних робіт на кафедрі автоматизованих систем управління: «Технологія підвищення графічного рівня захищеності друкованих та електронних документів» (№ державної реєстрації 0115U004704), «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону» (№ державної реєстрації 0117U1004450) та спільного україно-австрійського науково-дослідного проекту «Моделювання трафіку та телекомунікаційних мереж» (номер держреєстрації 0117U001612).

Оцінка змісту дисертації, її завершеності у цілому. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 160 сторінок основного тексту, 92 рисунки та 20 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 131 найменування.

У вступі обґрунтована актуальність тематики, визначено об'єкт та предмет досліджень, сформульовані мета та завдання дослідження, визначена наукова новизна та практична цінність одержаних результатів, а також наведено відомості про апробацію та структуру роботи.

Перший розділ дисертаційного дослідження здійснено аналіз комп'ютерних мереж, математичних моделей опису передавання даних у мережі та методів маршрутизації трафіку. Проаналізовано також і швидкість зростання об'ємів

інформації, що передаються та передаватимуться мережами у найближчому майбутньому. Подані графічно статистичні дані наявно демонструють, що до 2020 року кількість загального трафіку збільшиться в 3 рази порівняно з кількістю трафіку в 2015 році. Це зростання стане причиною зростання інтенсивності навантаження всесвітньої комп'ютерної мережі, що призведе до падіння ефективності їх роботи та спричинить втрати інформації.

Крім того, детально досліджено та сформульовано напрямки та шляхи вдосконалення методів прогнозування інтенсивності трафіку та маршрутизації трафіку, їх можливості та недоліки. Обґрунтування актуальності вирішуваного наукового завдання виконано автором досить ретельно та всебічно. Відповідно до цього було сформульовано основні завдання наукового дослідження, викладеного у дисертаційній роботі.

Другий розділ дисертації присвячено розробленню предметно-орієнтованої математичної моделі трафіку. Зокрема, в цьому розділі показано застосування методу Боголюбова-Митропольського для розв'язання різнопланових завдань, детально описано математичний апарат Атеб-функцій та його застосування для опису динамічних процесів досліджуваних нелінійних систем. Крім того, здійснено дослідження нелінійних диференціальних рівнянь коливних систем з одним ступенем вільності. Автором було розроблено модель трафіку в комп'ютерних мережах на основі нелінійних диференціальних рівнянь коливного руху з одним ступенем вільності. Розв'язання цих рівнянь було побудовано на основі асимптотичного методу Боголюбова-Митропольського. Незбурений розв'язок було виражено за допомогою Атеб-функцій. Також автором здійснено дослідження адекватності розробленої математичної моделі шляхом порівняння з реальними даними трафіку, отриманими з різних комп'ютерних мереж, що дозволило зробити висновок про достатню вірогідність роботи розробленої математичної моделі.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячено опису реалізації та вдосконаленню методів розробленої інформаційної технології. Зокрема, початково реалізовано моделювання збурень на основі Атеб-функцій. На основі цієї реалізації розроблено метод короткострокового прогнозування інтенсивності трафіку. Розроблене удосконалення методу маршрутизації мережного трафіку в трактах обміну даними побудовано на основі даних, отриманих після здійснення прогнозування інтенсивності трафіку в комп'ютерній мережі. Дані для здійснення досліджень були взяті з проекту The Opte Project. Слід відзначити, що використання реальних даних топологій комп'ютерних мереж значно покращило достовірність отриманих результатів.

Також у третьому розділі описано розроблений здобувачем програмний засіб – аналізатор трафіку, головним призначенням якого є здійснення аналізу трафіку з подальшою можливістю прогнозування значень трафіку. Крім того, показано результати тестування розробленого програмного забезпечення на зразках трафіку, отриманого з різних комп'ютерних мереж. У заключній частині розділу було

приведено схему застосування інформаційної технології аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах.

У *четвертому розділі*, ґрунтуючись на результатах попередніх досліджень, автором розроблено структурно-функціональну модель інформаційної технології аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерній мережі. Також було детально показано результати визначення параметрів завантаженості комп'ютерної мережі за допомогою комп'ютерного імітаційного моделювання. У процесі імітаційного моделювання здійснено вимірювання часових затримок доставки пакетів з даними до вузла призначення, серед яких проведено вимірювання часу доставки пакетів, середньої, максимальної та мінімальної затримки передавання пакетів. Результати моделювання показали, що із використанням розробленої інформаційної технології відбувається зменшення затримок передавання пакетів, а саме середньої затримки передавання пакетів з даними в середньому на 13% та максимальної затримки передавання пакетів з даними в середньому на 16%.

В додатках наведено акти впровадження дисертаційного дослідження.

У *висновках* викладено найбільш важливі наукові й практичні результати, отримані у дисертаційній роботі, які дають розв'язок сформульованих завдань дисертаційного дослідження.

Зауваження до дисертації.

Попри позитивні здобутки автора, дисертація має вразливі місця, щодо яких необхідно зробити певні зауваження:

1) у дисертаційному дослідженні у розділі 1 доцільно було би навести в порівняльній таблиці характеристики описаних в дисертації методів маршрутизації пакетів з даними;

2) пункт 2.6 починається з речення «На основі проведеного аналізу було запропоновано новий метод моделювання мережного трафіку» хоча в підпункті мова йде не про метод, а про математичний апарат, який застосовується для моделювання мережного трафіку, а також у пункті 2.6.1 при оцінці адекватності моделей не було представлено приклад дослідження моделювання самоподібного трафіку;

3) в пункті 3.1 «Алгоритм моделювання збурень в нелінійних системах та його реалізація» для покращення наочності було б доцільним представити не тільки розширено аналітично, але узагальнено графічно, або коротко покроково, також в цьому пункті присутнє речення «Отже, було розроблено математичну модель пульсацій та збурень трафіку...» хоча в цьому пункті мова йде саме про алгоритм моделювання;

4) пункти 3.2 та 3.5 має довідниковий характер, і його доцільно було б висвітлити в першому розділі або значно скоротити, обмеживши лише тим інструментарієм, що був використаний в дослідженнях трафіку;

5) рисунок 3.36 було б доцільніше збільшити для кращої читабельності;

6) в роботі недостатньо описано, які саме параметри прогнозування використовувались для проведених експериментів, а також не вказано, які саме виявились найефективнішими, а також доцільно було б навести основні характеристики досліджуваних зразків у табличній формі;

7) робота дещо переобтяжена описом математичного апарату методу усереднення Боголюбова-Митропольського та Ateb-функцій;

8) у дисертаційній роботі зустрічаються граматичні помилки, що не впливають на значущість роботи та її наукову цінність, зокрема на стор. 37 – в реченні присутній помилковий повтор слова «розроблення», й у змісті відсутні висновки до кожного розділу як пункти дисертації, хоча в тексті роботи присутні;

Наведені зауваження є предметом дискусії під час захисту дисертації й не впливають на загальну позитивну характеристику роботи, що володіє певною цінністю, а отримані наукові результати слід визнати позитивними.

Повнота викладення результатів дисертації. Результати дисертації знайшли відбиття у 16 друкованих працях, серед них 4 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз, 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук (з них 4 включено до міжнародних наукометричних баз); 5 публікацій у збірниках праць міжнародних конференцій, а також 1 патент на корисну модель та 1 свідоцтво про авторське право на комп'ютерну програму. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

Усі основні положення та найбільш важливі результати дисертації, подані до захисту, опубліковані в необхідному обсязі у фахових наукових виданнях України та закордонних виданнях, пройшли відповідну апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях, а також були обговорені і схвалені на наукових семінарах.

Відповідність дисертації встановленим вимогам. Зміст автореферату відповідає основним науковим положенням дисертації, є ідентичним до змісту дисертації та досить повно відбиває сутність отриманих результатів.

Відповідність теми і змісту дисертації паспорту спеціальності, за якою вона подана на захист. Тема дисертації Федевич О.Ю. та її зміст відповідають формулі й галузі досліджень паспорта спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

Рекомендації щодо використання наукових і прикладних результатів дисертації. Підготовлені дисертантом висновки, пропозиції й рекомендації можуть бути використані суб'єктами господарювання у сфері створення та застосування комп'ютерних мереж з високим навантаженням. Зокрема, запропонований метод короткострокового прогнозування інтенсивності трафіку, а також удосконалений метод маршрутизації трафіку у мережному обладнанні є можуть бути використані для створення корпоративних мереж, де часові затримки передавання пакетів з даними є критичним.

Висновок. На підставі вивчення дисертації, автореферату та наукових праць здобувача, опублікованих за темою дисертації, наукові результати, отримані при її виконанні, слід визнати позитивними.

Дисертаційна робота Федевич О.Ю. є кваліфікаційною науковою працею, що містить нові науково-прикладні результати проведених автором досліджень, що в сукупності вирішують актуальну наукову задачу, сутність якої полягає в удосконаленні методу маршрутизації трафіку у мережному обладнанні, який ґрунтується на прогнозуванні інтенсивностей завантаження маршрутів та зменшенні часових затримок передавання даних в комп'ютерних мережах.

Щодо мети роботи, постановки завдань і спрямованості дисертаційна робота відповідає науковій спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології має наступні кваліфікаційні ознаки:

1. Робота є закінченим науковим дослідженням, оформленим у відповідності до вимог, установлених МОН.
2. Робота містить обґрунтовані теоретичні і практичні рішення, впровадження яких дає певний внесок у розвиток інформаційних технологій і засобів забезпечення ефективного функціонування комп'ютерних мереж і систем розподіленої обробки даних.
3. Результати, отримані автором є новими, раніше не захищеними.
4. Тема дисертації входить у тематичні плани і програми міністерств України.
5. Результати дослідження мають практичне впровадження, використовуються науковій та навчальній роботі.

За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованості, наукової та практичної цінності здобутих автором результатів, дисертаційна робота «Інформаційна технологія аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах» відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами від 30.12.2015 та 27.07.2016) що висуваються кандидатських дисертацій, а її автор, Федевич Ольга Юріївна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 - інформаційні технології.

Офіційний опонент

доцент кафедри комп'ютерної інженерії
та системного програмування
Хмельницького національного
університету МОН України
кандидат технічних наук, доцент

1.

Підпис к.т.н., доц. Лисенка С.М. засвідчую:

Проректор з науково-педагогічної роботи ХНУ



С.М. Лисенко

С.А. Матюх