

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Зінченка Володимира Леонідовича на тему «Інформаційна технологія контролю та класифікації станів в оптичних лініях передачі даних», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертації.

Актуальність теми дисертаційного дослідження визначається зростаючими вимогами до безпеки та стабільності оптичних систем передачі даних, які становлять фізичну основу квантових комунікацій. Стрімкий розвиток квантових обчислювальних технологій ставить під сумнів ефективність класичних криптографічних методів, що актуалізує впровадження протоколів квантового захисту інформації. Однак робота оптичних каналів у реальних умовах супроводжується впливом шумів, втрат потужності, фазових зсувів і техногенних завад, що ускладнює стабільне функціонування систем. Тому виникає потреба у створенні інтелектуальних інформаційних технологій, здатних у реальному часі аналізувати параметри каналу, виявляти аномальні стани та адаптивно реагувати на зміни середовища. Запропонована в дослідженні інформаційна технологія контролю та класифікації станів поєднує статистичні та машинні методи аналізу, забезпечуючи адаптивне керування процесами передавання квантових даних, що підтверджує її високу наукову новизну й практичну значущість.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- уперше сформовано концепцію інформаційної технології контролю та класифікації станів оптичних ліній передачі даних, яка забезпечує інтелектуальне виявлення аномальних процесів у квантових каналах зв'язку на основі поєднання методів статистичного аналізу, кластеризації та машинного навчання;

- удосконалено підхід до оцінювання стану квантового каналу, що передбачає багатокритеріальний аналіз фізичних характеристик фотонних сигналів із урахуванням взаємних кореляцій, що дає змогу підвищити точність виявлення порушень у його роботі;

- розроблено механізм інтеграції алгоритмів машинного навчання з квантовими криптографічними протоколами, який забезпечує адаптивне реагування системи на зміни параметрів середовища та здійснення оперативного аналізу даних у реальному часі;

- удосконалено методологію підтримки прийняття рішень під час управління процесами передачі інформації, що сприяє підвищенню ефективності, швидкодії та стабільності функціонування оптичного каналу.

Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням перевірених методів математичного моделювання, статистичного аналізу та імітаційних експериментів, результати яких узгоджуються між собою й мають теоретичне підґрунтя. Проведена верифікація та валідація розроблених моделей у межах симуляції віртуального квантового каналу з подальшою оцінкою ефективності за метриками точності, повноти та F1-показника. Отримані результати вирізняються відтворюваністю, внутрішньою узгодженістю та практичною цінністю, що підтверджує їх наукову новизну й значущість для подальшого розвитку технологій безпечного квантового зв'язку.

Наукові дослідження були виконані здобувачем в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору, під керівництвом доктор технічних наук, Лифара Володимира Олексійовича.

Отже, у дисертаційній роботі поставлене наукове завдання - розроблення та наукове обґрунтування інформаційної технології контролю та класифікації станів в оптичних лініях передачі даних, яка забезпечує своєчасне виявлення аномалій, підвищення достовірності та надійності процесу квантової передачі інформації, - повністю виконано, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Зінченка Володимира Леонідовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Інформаційні технології.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям технічних наук.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Зінченка Володимира Леонідовича 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, має чіткий науковий стиль та логічну структуру.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 173 сторінок.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність дослідження, спрямованого на підвищення ефективності та безпеки процесів передачі інформації в оптичних лініях зв'язку, які становлять фізичну основу квантових комунікацій. Відзначено необхідність створення інтелектуальних інформаційних технологій, здатних у режимі реального часу контролювати параметри каналу, виявляти аномалії та здійснювати класифікацію станів для запобігання критичним відмовам. У роботі визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Розроблена інформаційна технологія поєднує методи математичного моделювання, статистичного аналізу, кластеризації та машинного навчання, що дозволило створити адаптивну систему підтримки прийняття рішень для квантових каналів зв'язку. Достовірність отриманих результатів підтверджується симуляційним моделюванням віртуального каналу, статистичними перевірками та аналізом ефективності за метриками точності, повноти й F1-показника, що засвідчує наукову обґрунтованість і практичну значущість виконаного дослідження.

У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналітичний огляд сучасного стану досліджень у галузі квантових систем передачі інформації та оптичних ліній зв'язку, які є їх фізичною основою. Розглянуто принципи функціонування квантових протоколів розподілу ключів, їх переваги та недоліки, а також чинники, що впливають на стабільність і точність передавання даних. Особливу увагу приділено питанням впливу шумів, фазових спотворень і втрат потужності на роботу каналу, а також існуючим підходам до їх компенсації. На основі аналізу публікацій вітчизняних і зарубіжних дослідників визначено науково-технічні проблеми, що залишаються нерозв'язаними, зокрема відсутність комплексних систем контролю стану каналу з використанням інтелектуальних методів. Сформульовано висновок про доцільність створення нової інформаційної технології, яка б забезпечувала автоматизований аналіз параметрів, виявлення аномалій і класифікацію станів каналу в реальному часі, що визначає напрям подальших досліджень.

У другому розділі дисертаційної роботи розглянуто математичні, імітаційні та структурно-функціональні моделі інформаційної технології аналізу стану оптичного каналу передачі даних. Розділ містить опис концептуальної постановки задачі, яка полягає у створенні методу імітаційного динамічного моделювання подій у віртуальному квантовому каналі зв'язку, що дозволяє формалізувати причинно-наслідкові зв'язки між параметрами фотонів, станами системи та впливом зовнішніх факторів. Запропоновано математичну модель оцінки відмов і критичних станів каналу, представлено підхід до моделювання стохастичних процесів і розглянуто можливість їх інтеграції з принципами квантової теорії кодування. У межах розділу створено функціональну схему інтелектуального аналізу станів каналу на основі багат шарової нейронної мережі, де реалізовано вхідний шар симптомів, проміжні шари патернів і синдромів та вихідний шар прийняття рішень. Така архітектура забезпечує відображення взаємозв'язків між параметрами каналу і можливими відмовами, формуючи основу для автоматизованої діагностики та підвищення надійності квантових комунікаційних систем.

У третьому розділі дисертаційної роботи систематизовано й узагальнено методи статистичного та інтелектуального аналізу даних, інтегровані в інформаційну технологію для класифікації режимів роботи каналу передачі інформації. Розділ містить послідовний виклад підходів до обробки експериментальних даних, де статистичні методи використовуються для оцінювання стабільності параметрів каналу, визначення середніх значень, дисперсій, коефіцієнтів варіації та ідентифікації відхилень за допомогою показника Z-score. Дослідження кореляційних зв'язків методом Пірсона дало змогу виявити залежності між параметрами у різних режимах роботи каналу та побудувати візуальні моделі на основі теплових карт і гістограм. Далі розглянуто інтелектуальні підходи - алгоритми кластеризації k-means та класифікації за допомогою багат шарового перцептрона, що забезпечують автоматичне розпізнавання нормальних і аномальних станів у реальному часі. Отримані результати демонструють взаємодоповнюваність статистичних та машинних методів, які формують основу для інтелектуальної діагностики стану квантового каналу зв'язку.

У четвертому розділі дисертаційної роботи основна увага зосереджена на практичній реалізації інформаційної технології контролю та класифікації станів оптичних ліній передачі даних, що є фізичною основою квантових каналів. Розглянуто етапи підготовки даних - від трансформації часових вимірювань у вектори статистичних ознак до формування навчальних вибірок для нейронної мережі. Обґрунтовано вибір архітектури багат шарової нейронної мережі, здатної апроксимувати складні нелінійні залежності між параметрами каналу та виявляти критичні стани в режимі реального часу. Для оцінювання

ефективності моделі використано метрики точності (accuracy), повноти (recall), точності прогнозу (precision) та F1-показника, що забезпечує збалансованість між чутливістю до аномалій і стійкістю до хибних спрацьовувань. Завершальним етапом стало інтегрування моделі в структурно-функціональну схему інформаційної технології, де локальні результати аналізу об'єднуються у глобальне рішення щодо стану каналу. Запропонований підхід довів практичну цінність поєднання статистичних та методів машинного навчання для забезпечення надійного функціонування каналу передачі даних.

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 трьох наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Порушень принципів академічної доброчесності у публікацій не виявлено, що свідчить про належну апробацію результатів

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Перший розділ містить змістовний огляд джерел, однак потребує уточнення роль квантових каналів у системах критичної інфраструктури, щоб краще показати практичну значущість теми.

2. Другий розділ має логічну структуру та демонструє послідовність у викладенні матеріалу, однак подекуди бракує аналітичної глибини. Математичні моделі описані загальною, без достатнього кількісного обґрунтування та порівняння з відомими підходами.

3. У третьому розділі подано ґрунтовний опис статистичних і машинних методів аналізу, проте бракує глибшої оцінки їх ефективності та порівняння результатів. Варто детальніше розкрити взаємозв'язок між статистичними показниками й алгоритмами класифікації.

4. У четвертому розділі подано результати реалізації інформаційної технології, проте бракує порівняльного аналізу ефективності моделі та глибшого обґрунтування вибору її архітектури. Доцільно конкретизувати умови експериментів і окреслити перспективи практичного впровадження розробки.

5. Місцями в роботі наявні незначні граматичні похибки.

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.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Зінченка Володимира Леонідовича на тему «Інформаційна технологія контролю та класифікації станів в оптичних лініях передачі даних» 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 інформаційних технологій. 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 Зінченко Володимир Леонідович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Рецензент:

в.о. завідувача відділу інформаційних
та комунікаційних технологій,
Інститут телекомунікацій і
глобального інформаційного
простору НАНУ,
кандидат технічних наук.



Владислав ВАСИЛЕНКО

М.П.

« 20 » жовтня 2025 року

Підпис в.о. зав. відділу інформаційних та комунікаційних технологій, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ, кандидат технічних наук. *Владислав Васильєв*



УПІ ІУП НАНУ, с.т.н. *Васильєв*

Вікторія КЛИМЕНКО

Вікторія КЛИМЕНКО