Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“____” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему
“Дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей”

Виконав здобувач вищої освіти
ІІ курсу, групи КН-25МЗ
ОПП «Комп’ютерні науки»
спеціальності F3 «Комп’ютерні науки»
_____ Невідомий О.М.
«____» _____ 2026 р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Смірнова Т.В.
«____» _____ 2026 р.

Нормоконтроль проекту
_____ Коваленко А.С.
«____» _____ 2026 р.

Рецензент _____
_____

Підписано КЕП
Центральноукраїнський національний технічний університет
Невідомий Олександр Михайлович
Сертифікат: 514B5C86A1E5DA110400000005B11C0024E48005
Дійсний з 17.03.2026 16:04:53 по 17.03.2027 16:04:52

Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр *Заочної та дистанційної освіти*
Кафедра *Кібербезпеки та програмного забезпечення*
Рівень вищої освіти *магістр*
Галузь знань _F_____*"*Інформаційні технології*"*_____
Спеціальність F3 *"*Комп'ютерні науки*"*
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма _*"*Комп'ютерні науки*"*_

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
_____ Олексій СМІРНОВ
« 1 » вересня 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Невідомому Олександру Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей*

2. Керівник роботи *Смірнова Тетяна Віталіївна, кандидат технічних наук, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 44-13 від 17.08.2026 року

3. Строк подання студентом роботи до захисту *2.12.2026 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи*: Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей*

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Призначення та область використання.	*5. Впровадження системи в промислову експлуатацію*
2. Перегляд аналогічних існуючих систем.	*6. Наукова новизна*.
3. Опис і обґрунтування проектних рішень.	*7. Заходи з охорони праці та техніки безпеки.*
4. Етапи програмування системи.	*8. Висновки.*

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Наукова новизна	*1 аркуш*
Структурна схема системи	*1 аркуш*
Функціональна схема системи	*1 аркуш*
Діаграма процесів	*1 аркуш*
Блок-схема алгоритму роботи додатку	*2 аркуша*

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Марченко К.М., к.т.н., доцент	06.10.2026	16.11.2026

8. Дата видачі завдання « 1 » вересня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.10.2026 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.10.2026 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.10.2026 р.	
4.	Розробка структур даних	25.10.2026 р.	
5.	Розробка алгоритмів системи	30.10.2026 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.11.2026 р.	
7.	Розрахунки з охорони праці та техніки безпеки	15.11.2026 р.	
8.	Оформлення ПЗ	17.11.2026 р.	
9.	Попередній захист роботи	2.12.2026 р.	

Дата видачі завдання
« 1 » вересня 2026 р.

Підпис керівника

_____ _____
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 1 » вересня 2026 р.

Підпис здобувача

_____ _____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Невідомий О.М. Дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей. ФЗ Комп'ютерні науки. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Об'єктом дослідження є процес інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Предметом дослідження є методи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Методи дослідження базуються на методах теорії оптимізації, методах теорії графів, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Результат роботи – програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Python.

Ключові слова: комп'ютерні науки, інтелектуальний аналіз, оптимізація, кабельна інфраструктура, графові моделі

ABSTRACT

Nevidomyi O.M. Research and Software Implementation of a System for Intelligent Analysis and Optimization of Cable Infrastructure Based on Graph Models. F3 Computer Science. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

This final qualification thesis, submitted for the second (master's) level of higher education, presents the development of software designed for a system for the intelligent analysis and optimization of cable infrastructure based on graph models.

The objective of this development is the research and software implementation of a system for the intelligent analysis and optimization of cable infrastructure based on graph models.

The object of the research is the process of intelligent analysis and optimization of cable infrastructure based on graph models.

The subject of the research consists of methods for the intelligent analysis and optimization of cable infrastructure based on graph models.

The research methodology draws upon optimization theory, graph theory, mathematical statistics, and software development practices.

The outcome of the work is a software implementation of a system for the intelligent analysis and optimization of cable infrastructure based on graph models.

During the development of the software model, an analysis of existing hardware and software tools was conducted. All components of the developed software are described in detail.

A user-friendly interface has been developed, and instructions for operating the software are provided.

The program is designed for use on personal computers running the Windows 10/11 operating system.

The program was developed using the Python environment.

Keywords: computer science, intelligent analysis, optimization, cable infrastructure, graph models

ВІДОМІСТЬ ПРОЕКТУ

		Текстові документи			
1	А4	Пояснювальна записка	84	–	
2	А4	Робоча програма	24	–	Додаток А
		Графічні документи			
3	А4	Наукова новизна	1	–	
4	А4	Структурна схема	1	–	
5	А4	Функціональна схема роботи системи	1	–	
6	А4	Діаграма взаємодії процесів	1	–	
7	А4	Блок-схема основної програми	1	–	
8	А4	Блок-схема роботи підпрограми	1	–	

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ 9
ВСТУП..... 10
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ 13
1.1 Призначення системи..... 13
1.2 Область застосування 14
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ 15
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти..... 15
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування 20
2.3 Розгорнута постановка завдання 21
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ 22
3.1 Опис функціонування системи 22
3.2 Розробка структурної схеми..... 25
3.3 Розробка функціональної схеми 29
3.4 Розробка діаграми процесів 31
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ 33
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи 33
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ..... 60
6 НАУКОВА НОВИЗНА 65

7 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ 66
7.1 Аналіз умов праці на робочому місці програміста 66
7.2 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці 69
7.3 Дослідження інформаційного навантаження на програміста 70
7.4 Висновки до розділу 74
8 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ 75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

БД	–	база даних
ЛОМ	–	локальна обчислювальна мережа
ASP		Active Server Pages – активні серверні сторінки
DHCP	–	Dynamic Host Configuration Protocol – протокол динамичної конфігурації вузла
HTTP	–	HyperText Transfer Protocol – протокол передачі гіпер тексту
IMAP	–	Internet Message Access Protocol – протокол доступу до електроної пошти Інтернету
ICMP	–	Internet Control Message Protocol – міжмережний протокол керуючих повідомлень
MMC	–	Microsoft Management Console
POP3	–	Post Office Protocol Version 3 – протокол поштового відділення, версія 3
SQL	–	Structured Query Language – мова структурованих запросів
SMTP	–	Simple Mail Transfer Protocol – простий протокол передачі пошти
SNMP	–	Simple Network Management Protocol – простий протокол керування мережею
Syslog	–	стандарт відправки повідомлень про зміни які відбуваються в мережі
UDP	–	User Datagram Protocol – протокол користувальницьких дейтаграм

ВСТУП

Актуальність теми. Технологія оптичних кабелів є одним з найважливіших компонентів сучасних систем зв'язку та широко застосовується в таких галузях, як інтернет-інфраструктура, передача даних та розвиток розумних міст. Проектування та оптимізація маршрутів оптичних кабелів відіграють життєво важливу роль у забезпеченні стабільного, високошвидкісного та економічно ефективного мережевого підключення. Традиційно модель мінімального охоплюючого дерева широко використовувалася для досягнення мінімальних витрат на будівництво при збереженні повної зв'язності між вузлами мережі. Однак, традиційні алгоритми мінімального охоплюючого дерева, такі як Прима та Крускала, часто стикаються з обмеженнями в обчислювальній ефективності та гнучкості реалізації при роботі з великомасштабними або комп'ютерними додатками. Щоб подолати ці проблеми, у даній магістерській роботі представлено матричний алгоритм, який легше реалізувати обчислювально та більше підходить для вирішення складних задач маршрутизації. На простому, але репрезентативному прикладі демонструється практичність та ефективність запропонованого підходу. Результати дослідження підкреслюють перспективний потенціал інтеграції теорії графів з методами обчислювальної оптимізації для підтримки проектування сучасних комунікаційних мереж та розвитку інфраструктури.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

– Огляд існуючих систем інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

– Дослідження системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

– Програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Об'єктом дослідження є процес інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Предметом дослідження є методи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Методи дослідження базуються на методах теорії оптимізації, методах теорії графів, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

– Удосконалено метод інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

– Розроблено вітчизняний продукт інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Достовірність наукових результатів підтверджена теоретичними викладеннями, даними комп'ютерного моделювання, коректними дослідженнями параметрів на функціонуючій обчислювальній мережі, а також відповідністю отриманих результатів окремим результатам, наведеним у науковій літературі.

Робота апробована на LVIII науково-технічній конференції здобувачів вищої освіти «Наука-виробництву», основні положення випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти надруковані у статті збірника праць молодих науковців ЦНТУ, випуск №17.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

У гонитві за побудову швидшої, розумнішої та стійкішої інфраструктури увага часто тяжіє до високопрофільних технологій, таких як хмарні обчислення, штучний інтелект та обробка даних на периферії. Однак під цими шарами інновацій лежить набагато фундаментальніший компонент, який непомітно визначає, чи системи працюють належним чином: структурована кабельна система. У серверних кімнатах, комерційних офісах, транспортних вузлах та промислових об'єктах фізична цілісність та точність мережевої кабельної системи продовжують диктувати результати продуктивності.

Вимірювання довжини кабелю – це не просто технічна деталь, а вирішальний фактор надійності інфраструктури. Точне визначення довжини впливає на цілісність сигналу, забезпечує відповідність міжнародним стандартам і безпосередньо впливає на контроль вартості проекту. Зі зростанням розміру та складності інфраструктурних проектів навіть незначні неточності в плануванні кабелів можуть призвести до експлуатаційної неефективності, нестабільності мережі та фінансових втрат, яких можна уникнути.

Від гіпермасштабних центрів обробки даних до регіональних систем управління транспортом, запас для помилок зменшується. Тепер очікується, що цифрова інфраструктура підтримуватиме аналітику в режимі реального часу, автоматизацію та критично важливі комунікації. Це очікування робить новий акцент на фізичному рівні мереж, де точність більше не є необов'язковою, а є необхідною.

1.2 Область застосування

Цифрова інфраструктура залежить від стабільної передачі сигналів через фізичні носії, найчастіше мідні або оптоволоконні кабелі. Хоча досягнення в мережевому обладнанні значно збільшили пропускну здатність даних, фундаментальна фізика передачі сигналів залишається незмінною. Електричні сигнали погіршуються з відстанню, стикаючись з опором, затуханням та перешкодами, які можуть погіршити продуктивність, якщо ними не керувати ретельно.

Такі стандарти, як ISO/IEC 11801, визначають суворі параметри для зменшення цих ризиків. Наприклад, у структурованих мідних кабельних системах, таких як категорії 6a або категорії 7, максимальна довжина постійного з'єднання зазвичай обмежена 90 метрами, за винятком патч-кордів. Перевищення цього порогу збільшує вставні втрати та перехресні перешкоди, що підвищує ймовірність помилок даних та знижує швидкість мережі.

На практиці це означає, що кожен метр має значення. Кабельні траси рідко бувають прямими, часто пролягають через стелі, канали та системи ізоляції. Без точних вимірювань відстані під час встановлення можуть легко перевищувати допустимі, що призводить до невідповідності систем, які потребують дорогого перероблення. У масштабних розгортаннях, що охоплюють сотні або тисячі з'єднань, ці помилки можуть швидко множитися.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

Buildman

Buildman – це спеціалізоване програмне забезпечення для управління будівельними проектами з використанням інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури від WebaniX для інфраструктурних та будівельних компаній. Це програмне забезпечення суттєво відрізняється від звичайних інструментів управління проектами, оскільки воно розроблене для управління великомасштабними будівельними операціями, інтеграції ERP, складання бюджету, дотримання вимог та багатомайданчикових інфраструктурних проектів.

Основні характеристики:

– Відстеження проекту в режимі реального часу.
– Інтеграції ERP з SAP та Oracle JDE.
– Звітність та сповіщення на основі штучного інтелекту.
– Управління запасами та ресурсами.
– Моніторинг бюджету та витрат.
– Генерація технічних пропозицій.
– Управління постачальниками та субпідрядниками.
– Доступ з мобільних пристроїв та комп’ютерів.
– Централізоване управління робочим процесом.

Найкраще для: підрядники з інфраструктури, промислові проекти та компанії з будівництва підприємств.

Procore

Procore – одне з найпопулярніших хмарних програм для управління будівництвом з використанням інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури, доступних на ринку. Воно забезпечує такі функції, як ефективна комунікація, управління часом і витратами, планування та всі аспекти управління польовими роботами.

Основні характеристики:

– Централізована панель інструментів проекту.
– Бюджетування та прогнозування в режимі реального часу.
– Управління RFI та поданнями.
– Контроль будівельної документації.
– Мобільна польова співпраця.
– Інтеграції BIM.
– Управління безпекою та дотриманням вимог.
– Розширені інструменти звітності.

Найкраще для: проекти корпоративної інфраструктури та комерційного будівництва.

Autodesk Construction Cloud

Autodesk Construction Cloud – це передова платформа програмного забезпечення для будівництва, яка допомагає організаціям ефективніше керувати реалізованими проектами.

Основні характеристики:

– Інтеграція BIM та 3D-моделей.
– Управління кресленнями та документами.
– Співпраця в хмарі.
– Відстеження витрат і бюджету.
– Координація дизайну.
– Аналітика проекту.
– Оновлення полів у режимі реального часу.

Найкраще для: великі інженерні та інфраструктурні проекти.

Oracle Primavera P6

Oracle Primavera P6 – одна з найпопулярніших програмних систем для планування та складання графіків проектів, що використовуються сьогодні для мегапроектів.

Основні характеристики:

– Розширене планування проектів.

– Оптимізація ресурсів.

– Аналіз ризиків.

– Управління кількома проектами.

– Відстеження прогресу.

– Прогнозування та планування.

– Звітність підприємства.

Найкраще для: урядова інфраструктура, комунальні послуги, автомобільні дороги та залізничні проекти.

Buildertrend

Buildertrend – це потужний інструмент для управління проектами, ціноутворення, встановлення ставок та планування, який допомагає оптимізувати ваш бізнес та комунікацію. Він дозволяє вам контролювати кожен проект завдяки звітності та відстеженню в режимі реального часу.

Основні характеристики:

– Планування проекту.

– Управління бюджетом.

– Портал комунікації з клієнтами.

– Управління змінами замовлень.

– Доступ до мобільного додатку.

– Обмін документами та фотографіями.

– Інтеграції з бухгалтерським обліком.

Найкраще для: комерційні підрядники та будівельники.

Monday.com

Використовуйте автоматизацію робочих процесів будівництва та рішення для спільної роботи, що надаються Monday.com, для управління проектами в будівельній галузі.

Основні характеристики:

– Візуальні панелі інструментів проекту.
– Автоматизація робочих процесів.
– Часова шкала та діаграми Ганта.
– Командна співпраця.
– Відстеження бюджету.
– Хмарна звітність.
– Мобільна доступність.

Найкраще для: середні будівельні та інфраструктурні команди.

Wrike

Wrike відомий своїм управлінням ризиками на основі штучного інтелекту та розширеною автоматизацією робочих процесів.

Основні характеристики:

– Прогнозування ризиків на основі штучного інтелекту.
– Управління ресурсами.
– Співпраця в режимі реального часу.
– Автоматизована звітність.
– Відстеження часу.
– Налаштування робочого процесу.
– Аналітика ефективності.

Найкраще для: складні інфраструктурні та багатоетапні будівельні проекти.

Fieldwire Pro

Fieldwire Pro – це додаток для управління будівельними проектами з використанням інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури для команд, яким потрібно мобілізувати польові та офісні

роботи.

Основні характеристики:

– Мобільне керування завданнями.

– Доступ до цифрового креслення.

– Функціональність офлайн.

– Звітність у режимі реального часу.

– Завантаження фотографій та відео.

– Відстеження прогресу.

– Автоматизовані звіти про проекти.

Найкраще для: інфраструктурні проекти з інтенсивним використанням ресурсів на місцях та координація на місцях.

Zoho Projects

Програмне забезпечення розроблено для малих та середніх підрядників, які планують впроваджувати інновації та розвиватися в дорозі. Zoho пропонує доступ до нашого хмарного рішення для управління економічно ефективними проектами за доступною ціною.

Основні характеристики:

– Відстеження часу.

– Виставлення рахунків та рахунків-фактур.

– Автоматизація робочих процесів.

– Інструменти для співпраці.

– Панелі звітності.

– Мобільний доступ.

– Моніторинг бюджету.

Найкраще для: малі та середні будівельні компанії.

ClickUp

ClickUp – ідеальний додаток для управління будівництвом з використанням інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури для вашого малого та зростаючого будівельного бізнесу.

Він потужний, гнучкий та масштабований. За допомогою ClickUp ви

можете легко керувати проектами, завданнями та командами. Крім того, додаток пропонує налаштовувані подання, щоб ви могли бачити, що найважливіше.

Основні характеристики:

– Управління завданнями та етапами.
– Співпраця в режимі реального часу.
– Діаграми Ганта та дошки Канбан.
– Вбудований чат і документи.
– Відстеження часу.
– Налаштування робочого процесу.
– Інтеграції хмарних сховищ.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Для розробки програмних компонентів системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей було обрано мову програмування Python. Вибір цього інструментарію зумовлений наявністю ефективних високорівневих структур даних, гнучкістю об'єктно-орієнтованого підходу та потужною екосистемою бібліотек для роботи з графовими структурами й мережевими топологіями. Елегантний синтаксис, динамічна типізація та інтерпретований характер Python забезпечують високу швидкість прототипування і розробки складних алгоритмів маршрутизації та аналізу зв'язності кабельних мереж. Інтерпретатор мови разом із розширеною стандартною бібліотекою є безкоштовним та кросплатформним ресурсом, доступним на офіційному вебсайті Python, де також розміщено документацію та сторонні модулі. Крім того, архітектура Python дозволяє легко розширювати функціонал за допомогою модулів, написаних на компільованих мовах низького рівня (таких як C або C++), що є критично важливим для оптимізації ресурсомістких обчислень при обробці масштабних графових моделей кабельної інфраструктури.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускну кваліфікаційну роботу за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформувати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Окрім технічних характеристик, вимірювання довжини кабелю має прямий фінансовий вплив. Мідні кабелі залишаються значною складовою витрат в інфраструктурних проектах, особливо у великих офісних комплексах, центрах обробки даних та транспортних спорудах. Навіть незначне завищення довжини кабелю може призвести до значних втрат матеріалів, якщо помножити це на весь проект.

І навпаки, недооцінка несе свої ризики. Дефіцит кабелю під час встановлення може затримати проекти, збільшити витрати на робочу силу та порушити ретельно сплановані графіки. У середовищах високого тиску, таких як введення в експлуатацію центрів обробки даних, де терміни жорстко контролюються, такі затримки можуть мати негативні наслідки для кількох фаз проекту.

Точні вимірювання забезпечують основу для ефективного планування закупівель та монтажу. Вони дозволяють інженерам точно визначити, що потрібно, зменшуючи надлишки матеріалів, водночас забезпечуючи достатню потужність для монтажу. Цей баланс є важливим для підтримки як бюджетної дисципліни, так і динаміки проекту.

Досвід галузі постійно показує, що помилки планування на ранніх стадіях є одними з найдорожчих для виправлення. Інтегруючи точні вимірювання в процес планування, проектні команди можуть зменшити ці ризики до того, як вони матеріалізуються.

Рефлектометрія в часовій області як галузевий стандарт

Щоб досягти рівня точності, необхідного в сучасних інфраструктурних проектах, методи вимірювання повинні виходити за рамки ручної оцінки. Рефлектометрія в часовій області, яку зазвичай називають TDR, стала широко

застосовуватися як метод визначення довжини кабелю та виявлення несправностей у мережі.

TDR працює шляхом передачі електричного імпульсу вздовж кабелю та аналізу відбитого сигналу. Коли імпульс стикається зі зміною імпедансу, наприклад, з кінцем кабелю або несправністю, частина сигналу відбивається назад. Вимірюючи час, необхідний для повернення цього відбиття, система може розрахувати відстань до точки відбиття на основі відомої швидкості поширення сигналу в кабелі.

Такий підхід пропонує кілька переваг. Він дозволяє технікам вимірювати вже прокладені кабелі, усуваючи необхідність фізичного доступу до обох кінців. Він також забезпечує діагностичні можливості, що дозволяє виявляти несправності, такі як обриви, короткі замикання або невідповідність імпедансу.

Точність вимірювань TDR залежить від таких факторів, як номінальна швидкість поширення, яка варіюється залежно від типу кабелю та виробника. Як результат, сучасні вимірювальні пристрої включають функції калібрування та бази даних кабелів, щоб забезпечити надійні результати для різних матеріалів.

Практичні інструменти, що сприяють точності встановлення

На практиці портативні вимірювальні прилади стали важливими інструментами для техніків, що працюють у польових умовах. PCE-CLT 10 – один із таких пристроїв, призначений для точного вимірювання довжини кабелів різних типів, включаючи мережеві, коаксіальні та силові кабелі.

Пристрої цього типу інтегрують технологію TDR зі зручними інтерфейсами, що дозволяє технікам швидко та ефективно виконувати вимірювання. Попередньо налаштовані профілі кабелів та регульовані параметри допомагають врахувати варіації в конструкції кабелю, зменшуючи ризик помилок вимірювання. Це особливо цінно в складних установках, де використовується кілька типів кабелів.

Можливість вимірювати кабелі як на котушці, так і після встановлення, додає додаткової гнучкості. Перед встановленням техніки можуть перевірити довжину кабелю, щоб забезпечити точне різання та підготовку. Після

встановлення той самий пристрій можна використовувати для перевірки відповідності проектним вимогам та виявлення будь-яких проблем, які могли виникнути під час прокладання.

У середовищах з високою щільністю, таких як серверні кімнати, де управління кабелями є критично важливим, ці інструменти сприяють упорядкованому встановленню та надійній документації. Чіткий облік довжини кабелів та шляхів прокладання забезпечує постійне технічне обслуговування та майбутні оновлення, зменшуючи ймовірність перебоїв у роботі.

Підтримка дотримання вимог у галузі, що орієнтована на стандарти

Відповідність міжнародним стандартам є центральною вимогою в сучасних інфраструктурних проектах, особливо в таких секторах, як центри обробки даних, транспортні системи та громадська інфраструктура. Такі органи зі стандартизації, як ISO та Міжнародна електротехнічна комісія, забезпечують рамки, що забезпечують сумісність, безпеку та узгодженість продуктивності між установками.

Точне вимірювання довжини кабелю відіграє ключову роль у виконанні цих вимог. Забезпечуючи дотримання встановлених норм, проектні команди можуть уникнути порушень, які можуть призвести до проблем із сертифікацією або операційних ризиків. У регульованому середовищі недотримання вимог може призвести до затримок, додаткових витрат або навіть відхилення проекту.

Більше того, оскільки цифрова інфраструктура дедалі більше інтегрується з критично важливими послугами, такими як управління транспортом, розподіл енергії та системи реагування на надзвичайні ситуації, наслідки збоїв стають більш значними. Надійна кабельна система – це не просто питання продуктивності, а й експлуатаційної стійкості.

Інфраструктура масштабу вимагає дисципліни на рівні деталей

Масштаби сучасних інфраструктурних проектів продовжують зростати, зумовлені урбанізацією, цифровою трансформацією та розширенням підключених технологій. Великі офісні комплекси, розумні міста та промислові об'єкти – усі вони залежать від розгалуженої мережевої кабельної мережі для

підтримки своєї діяльності.

У такому масштабі невелика неефективність може мати значний кумулятивний ефект. Незначна похибка вимірювання, що повторюється на сотнях кабельних трас, може призвести до значного перевитрати коштів або проблем з продуктивністю. І навпаки, стабільна точність на всіх установках сприяє більш плавному виконанню проекту та довгостроковій надійності.

Цей принцип поширюється не лише на окремі проекти, а й на ширшу екосистему інфраструктури. Оскільки уряди та приватні інвестори виділяють значні ресурси на цифрову інфраструктуру, очікується, що ці інвестиції забезпечать надійну продуктивність протягом тривалого життєвого циклу. Досягнення цього результату вимагає уваги до деталей на кожному етапі проекту.

Побудова надійних мереж з нуля

Хоча технологічний ландшафт продовжує розвиватися, важливість таких фундаментальних елементів, як кабельні системи, залишається незмінною. Точне вимірювання довжини кабелю, що підтримується перевіреними методами, такими як рефлектометрія в часовій області та надійними інструментами, забезпечує основу для побудови мереж, які функціонують належним чином.

Для фахівців з будівництва, інженерів та політиків послання зрозуміле. Продуктивність інфраструктури починається на фізичному рівні, де точність та дисципліна визначають результати задовго до того, як у гру вступає програмне чи апаратне забезпечення. Інвестування в точні процеси вимірювання та відповідності – це не необов'язкове вдосконалення, а необхідний крок у створенні стійкої, ефективної та готової до майбутнього інфраструктури.

3.2 Розробка структурної схеми

Сучасна IT-інфраструктура стрімко еволюціонує, вимагаючи принципово нових підходів до проектування, моделювання та управління фізичними мережами. Зі зростанням навантажень на центри обробки даних, масовим

впровадженням штучного інтелекту та розвитком високошвидкісних технологій (25G/40G/100G Ethernet, оптичні лінії зв'язку, PoE) топологія кабельних систем стає надзвичайно складною та розгалуженою. У таких умовах традиційні ручні методи обліку та оптимізації вже не забезпечують належної надійності.

Для розробки ефективних програмних рішень щодо аналізу та оптимізації фізичної інфраструктури критично важливо враховувати ключові виклики та тенденції галузі:

1. Графове моделювання волоконно-оптичних і мідних магістралей. Зростання пропускної здатності та поширення комбінованих одномодових/багатомодових рішень вимагають точного представлення топології мережі у вигляді складних математичних графів для розрахунку найкоротших шляхів, мінімізації затримок і контролю затухання сигналу.

2. Структуровані кабельні системи (СКС) розумних будівель та центрів обробки даних (ЦОД). Інтеграція IoT-пристроїв, систем безпеки та високощіільних серверних стійок створює багатошарові фізичні зв'язки. Їхній аналіз на базі графових моделей дозволяє ефективно прогнозувати можливості масштабування без капітального переобладнання.

3. Енергоефективність і маршрутизація живлення (PoE). Розгортання технологій живлення через Ethernet вимагає оптимізації навантажень на кабельні траси, що може бути формалізовано у вигляді задач на пошук оптимального потоку або розподілу ресурсів у графі.

4. Інтелектуальний моніторинг та алгоритмічне прогнозування збоїв. Сучасні підходи до обслуговування спираються на автоматизоване виявлення вразливих ділянок мережі (вузьких місць). Інтеграція алгоритмів аналізу даних із графовими структурами дає змогу в режимі реального часу локалізувати аварійні ділянки, мінімізувати час простою та оптимізувати траєкторії прокладання кабелів.

5. Фізична безпека та управління зв'язками. Захист фізичного рівня мережі та запобігання несанкціонованим підключенням потребують чіткого картографування всіх комутаційних вузлів та кросових панелей, що зручно

реалізовувати через матриці суміжності та ієрархічні графові структури.

Застосування методів дискретної математики та теорії графів для проєктування програмних комплексів дозволяє автоматизувати аудит, значно підвищити стійкість мережевих середовищ та забезпечити їхню довгострокову адаптивність до нових технологічних стандартів.

Застосування теорії графів

Маршрутування кабелів є ключовим компонентом проектування комп’ютерних систем та критично важливих для безпеки інженерних галузей,. Наукові та оптимізовані схеми маршрутизації є важливими для ефективної та безпечної передачі пакетів та сигналів, а також для зменшення ризиків відмов системи. У попередніх дослідженнях використовувалися алгоритми евристичного пошуку та оптимізації ройового інтелекту для планування кабельних трас; однак ці методи мають тенденцію до локальних оптимумів за складних обмежень і теоретично не можуть гарантувати глобальну оптимальність, не вирішуючи багатообмежувальних, високовимірних задач оптимізації маршрутизації кабелів у обмеженому просторі.

У даній магістерській роботі пропонується систематична оптимізаційна модель на основі математичного програмування: спочатку вона дискретизує безперервний тривимірний простір у сіткову систему координат та будує складене поле витрат, що інтегрує геометричну відстань та теплові перешкоди, потім формулює багатоцільову оптимізаційну модель, що враховує довжину шляху, тепловий вплив та доцільність маршрутизації, яка перетворюється на одноцільову задачу за допомогою нормалізованих вагових коефіцієнтів та вирішується точними методами математичного програмування, що дає найкраще можливе рішення разом з доведеною нижньою межею та розривом оптимальності.

Коли розв'язувач сходиться в межах ліміту часу, може бути сертифікована глобальна оптимальність для дискретизованої моделі. Результати моделювання показують, що запропонований метод знижує загальну вартість шляху в середньому на 31,8% порівняно з класичними алгоритмами, такими як

алгоритм A*, алгоритм Дейкстри, алгоритм швидкого дослідження випадкового дерева (RRT), оптимізація рою частинок (PSO) та генетичний алгоритм (GA). Крім того, він скорочує кількість змінних рішень в середньому на 70% (до 82% у складних сценаріях) порівняно з моделлю цілочисельного лінійного програмування (ILP) 0–1 та графотеоретичною моделлю потоку багатьох товарів (MCF) з урахуванням кількох витрат. Ці результати попередньо підтверджують сприятливу якість рішення, обчислювальну ефективність та інженерну застосовність запропонованої моделі для оптимізації трасування кабелів у обмеженому просторі.

Структурна схема системи зображена на рисунку 3.1.

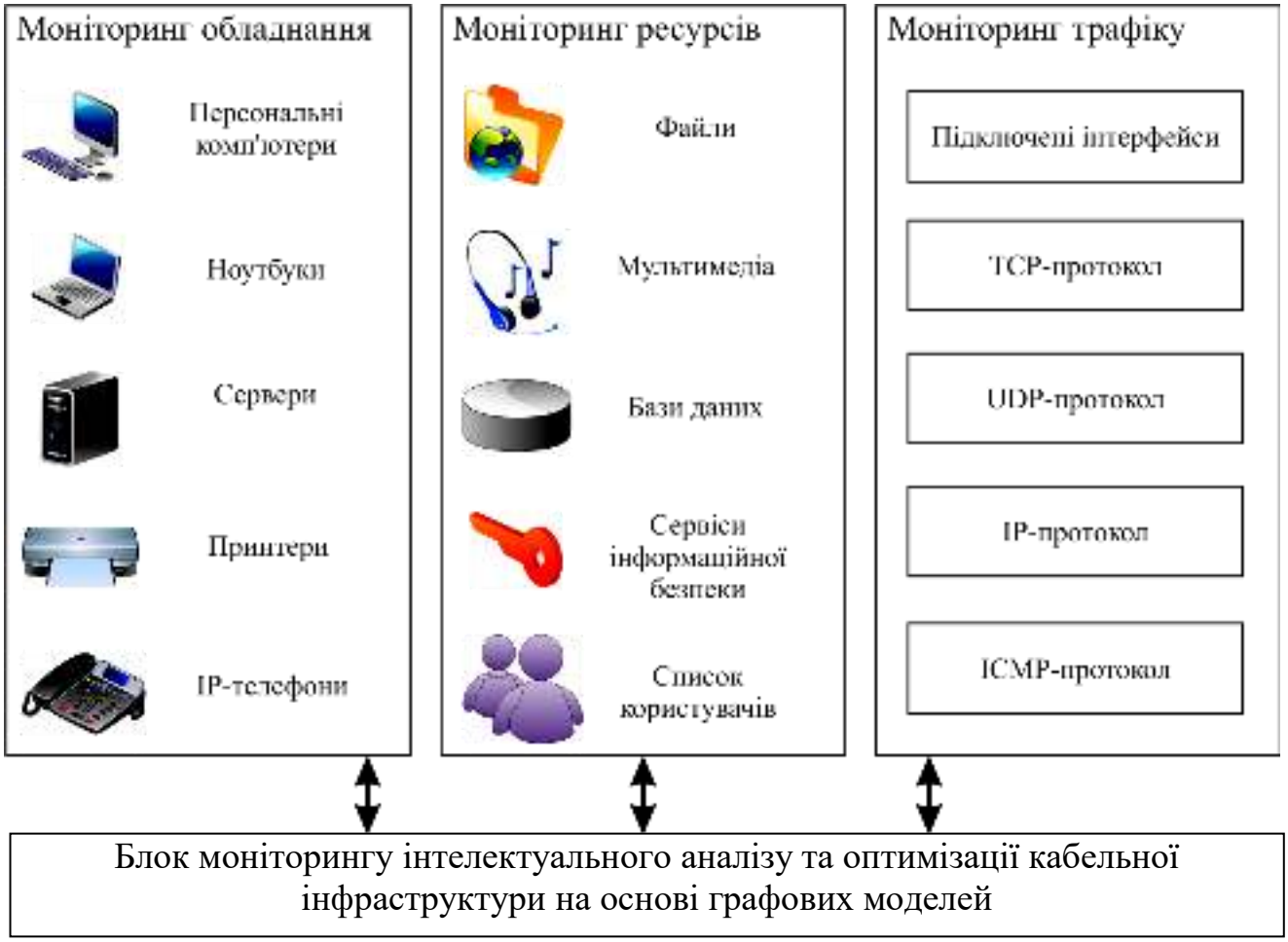

Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

З рисунку видно, що моніторинг локальної мережі здійснюється по трьох напрямках:

– Моніторинг обладнання інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

– Моніторинг ресурсів інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

– Моніторинг трафіку інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональну схему розробленої системи наведено на рисунку 3.2. Архітектура програмного комплексу побудована на основі модульного принципу та охоплює сім ключових функціональних блоків:

1. Моніторинг трафіку кабельної інфраструктури: забезпечує виявлення підведених мережевих інтерфейсів із фіксацією їхніх MAC-адрес, а також аналіз вхідного й вихідного трафіку в реальному часі для оцінки завантаженості каналів зв'язку.

2. Робота з файлами: дозволяє відстежувати відкриті загальнодоступні файли, ідентифікувати користувачів, які здійснюють доступ до них через мережу, а також динамічно керувати станом їх доступності (відкриття/закриття).

3. Монітор з'єднань: здійснює безперервне відстеження активних мережевих підключень за протоколами TCP та UDP із виведенням інформації у форматі «IP-адреса : порт призначення».

4. Статистика подій: забезпечує збір та агрегацію розширених статистичних показників щодо функціонування мережевих протоколів (TCP, UDP, IP, ICMP). Зокрема, для протоколу TCP фіксуються тип алгоритму повторної передачі, діапазони таймаутів, кількість помилок з'єднання, стани активних і пасивних сесій, невдалі спроби ініціалізації, скидання з'єднань, а також обсяги отриманих, надісланих і повторно переданих сегментів.



Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

5. Робота з ресурсами кабельної мережі: забезпечує виявлення, відкриття, закриття, приховання та відображення доступних ресурсів розподіленої інфраструктури у вигляді ієрархічної древовидної структури. Передбачено гнучкий пошук за заданими умовами (локальні чи глобальні ресурси, файлові об'єкти тощо) та можливість динамічного керування спільним доступом.

6. Робота з сесіями: включає функції отримання переліку активних сесій та їх примусового завершення. Система дозволяє контролювати параметри підключень, зокрема назву сесії, ідентифікатор користувача, порядковий номер, час активності та тривалість очікування.

7. Функції для роботи з центрами обробки даних (ЦОД): забезпечують інтеграцію та виконання спеціалізованих процедур оптимізації кабельної інфраструктури, побудованих на основі графових моделей та алгоритмів маршрутизації в сучасних центрах обробки даних.

Розглянувши усі блоки функціональної схеми перейдемо до розгляду діаграми взаємодії процесів, які відбуваються у системі.

3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма процесів розроблюваної системи наведено на рисунку 3.3. Її детальний аналіз дозволяє простежити характер взаємодії внутрішніх компонентів та маршрутизацію інформаційних потоків у межах системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей. У процесі проєктування застосовується модель графічного представлення потоків даних (Data Flow Diagram, DFD), яка наочно відображає рух, трансформацію та збереження інформації (зокрема, топологічних параметрів мережі, матриць суміжності, результатів роботи графових алгоритмів та звітів оптимізації).

Діаграми взаємодії процесів є фундаментальним інструментом структурного проєктування для візуалізації обробки даних. Традиційно розробка розпочинається з побудови контекстної діаграми потоків даних, яка ілюструє загальну взаємодію розроблюваної системи аналізу та оптимізації кабельної мережі зі зовнішнім середовищем (адміністраторами, проєктною документацією, базами даних топологій та зовнішніми системами моніторингу). У подальшому ця модель деталізується шляхом поетапної декомпозиції процесів і потоків даних з метою повної та всебічної демонстрації архітектури комплексу, що створюється.

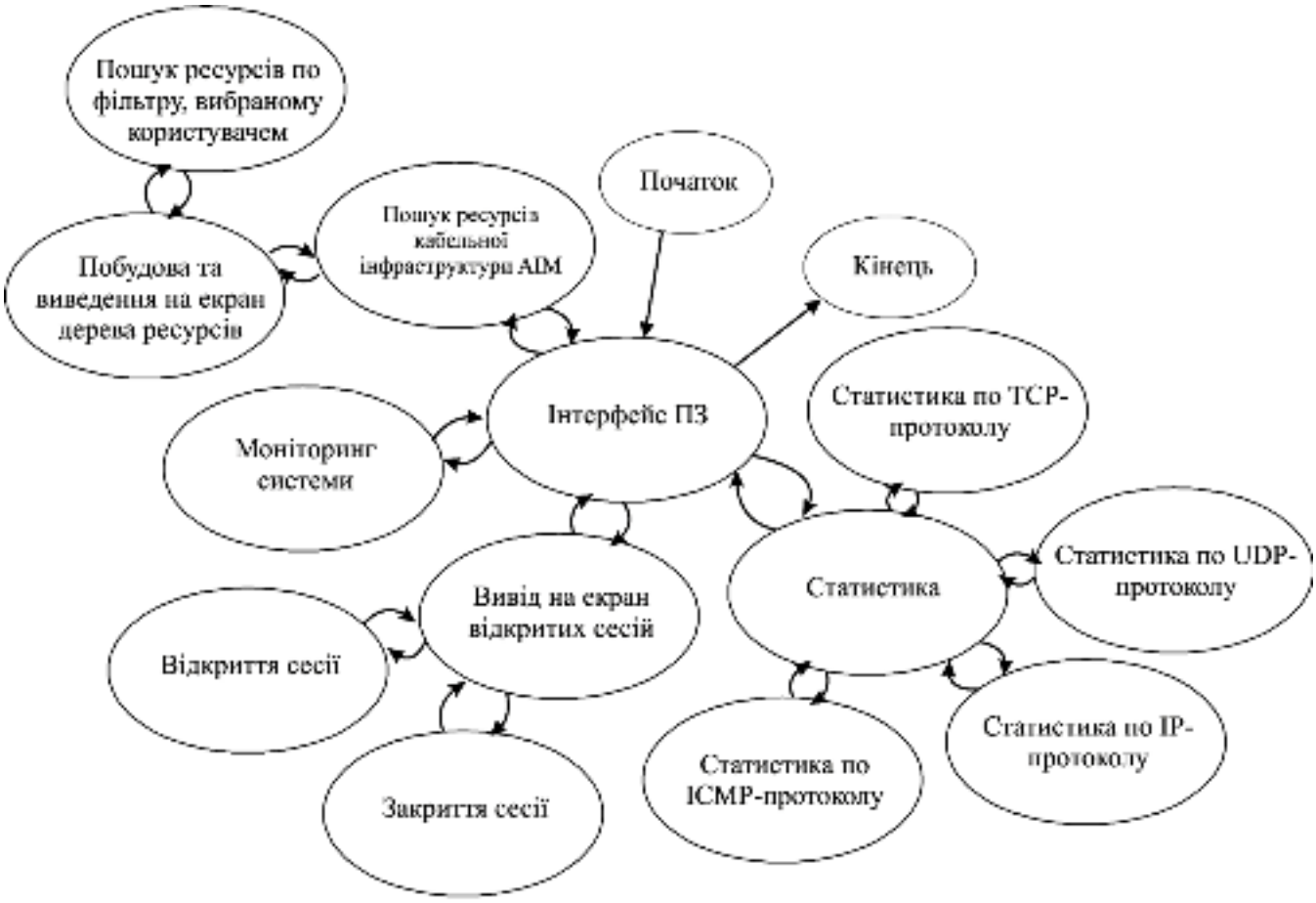

Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Таким чином, розглянувши опис системи, структурну, функціональну схеми системи, та діаграму взаємодії процесів перейдемо до опису блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Алгоритмічне забезпечення системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури призначене для автоматизованого дослідження фізичних з'єднань комп'ютерної мережі, визначення структурних недоліків і формування рекомендацій щодо раціонального розміщення кабельних ліній.

Основу системи становить графова модель, яка відображає взаємозв'язки між мережевими пристроями, комутаційними панелями, кабельними сегментами та елементами фізичної інфраструктури.

Використання алгоритмів теорії графів дозволяє аналізувати маршрути кабельних з'єднань, виявляти критичні ділянки, оцінювати можливості резервування та визначати допустимі варіанти модернізації.

Результатом роботи програмного комплексу є структуроване представлення інфраструктури й обґрунтовані рекомендації щодо її оптимізації з урахуванням технічних, просторових та експлуатаційних обмежень.

Загальний порядок функціонування системи відображено на рисунку 4.1. На початковому етапі виконується реєстрація об'єктів кабельної інфраструктури та завантаження відомостей про фізичні з'єднання. Далі дані перевіряються на повноту, коректність і взаємну узгодженість.

Після нормалізації формується граф, вершини якого представляють відповідні інфраструктурні об'єкти, а ребра характеризують установлені з'єднання. На основі побудованої моделі виконуються аналіз зв'язності, визначення кабельних трас, пошук критичних сегментів та оцінювання їхніх характеристик.

Після виявлення недоліків формується задача оптимізації. Отримані варіанти перевіряються на відповідність установленим обмеженням, після чого результати передаються до користувацького інтерфейсу.

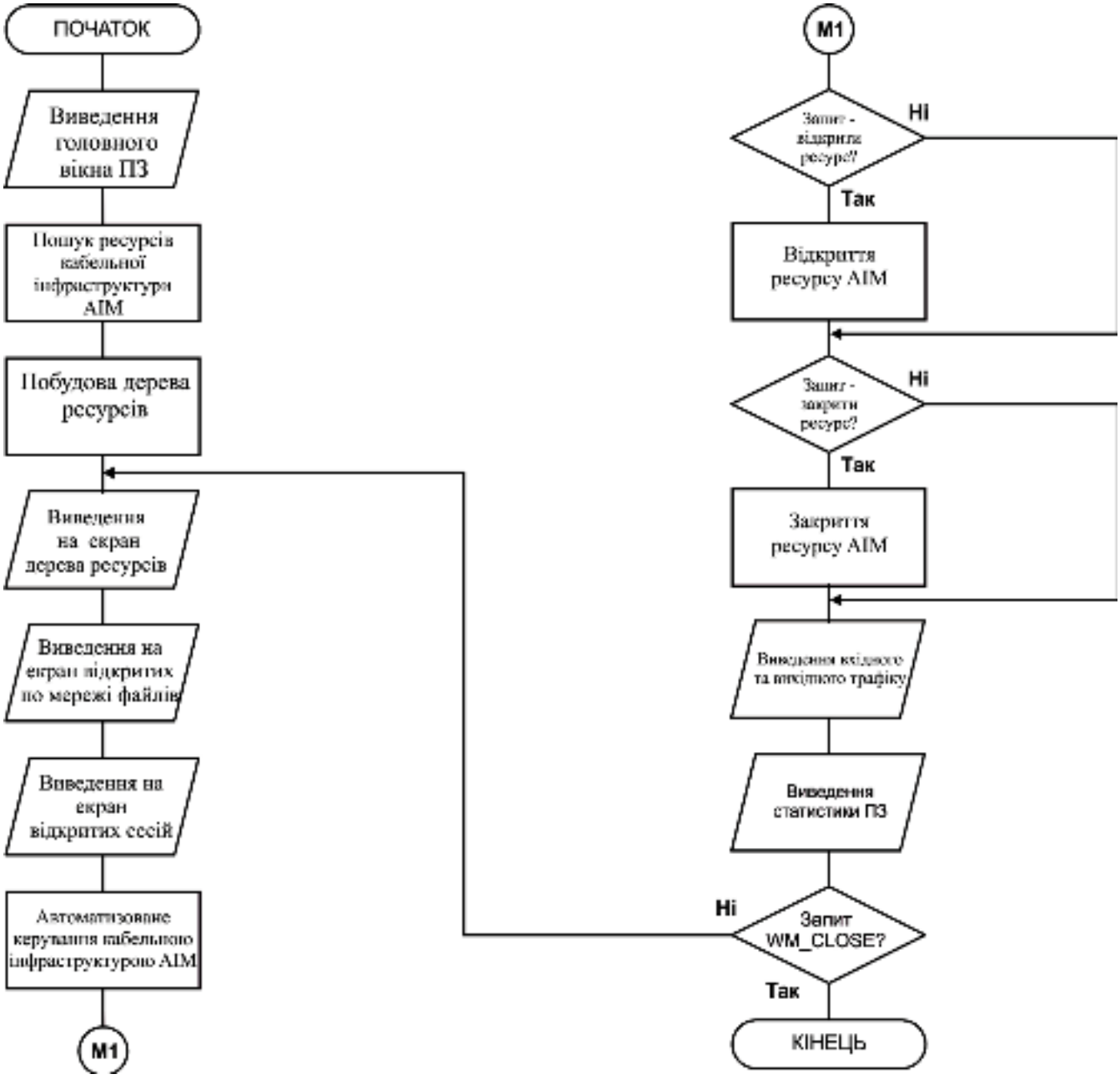

Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

Для програмної реалізації доцільно передбачити окремі компоненти інвентаризації, побудови графової моделі, аналізу топології, оцінювання стану кабельних ліній та оптимізації розміщення. Модуль інвентаризації відповідає за

реєстрацію фізичних об'єктів і параметрів кабельних з'єднань. Компонент формування графа встановлює відношення між ними.

Аналітична підсистема виконує пошук шляхів, визначення структурних залежностей та оцінювання можливих наслідків відмов. Оптимізаційний модуль формує альтернативні варіанти кабельних трас. Окреме сховище забезпечує збереження метаданих, результатів вимірювань та історії змін інфраструктури.

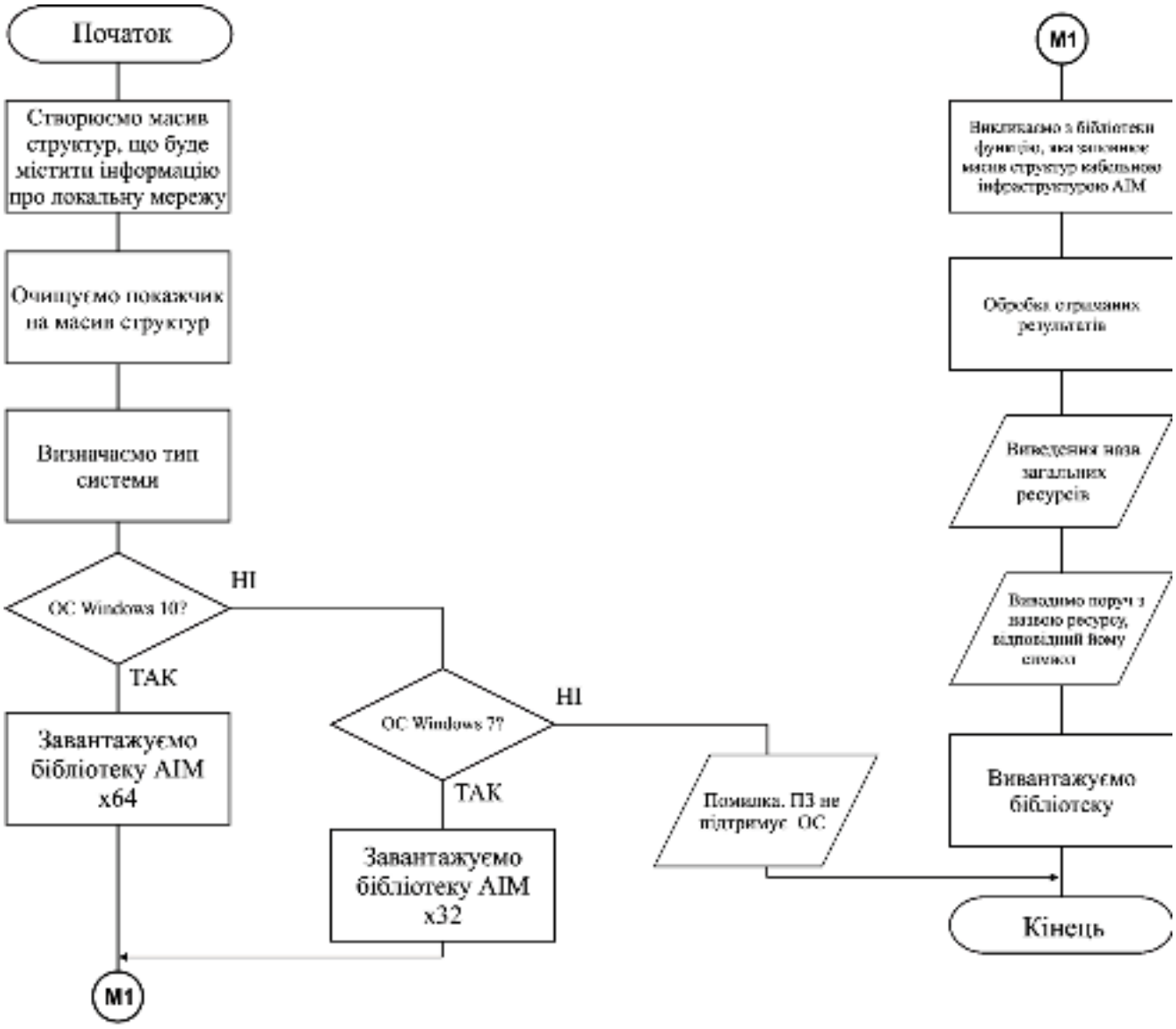

Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Особливістю кабельної інфраструктури є наявність декількох різних типів зв'язків. Фізичне кабельне з'єднання характеризує безпосереднє з'єднання двох

точок термінації. Логічне мережеве з'єднання відображає взаємодію обладнання через відповідні інтерфейси.

Просторова траса характеризує проходження кабелю через приміщення, кабельні лотки, канали та інші елементи інженерної інфраструктури. Ці відношення не є тотожними. Наприклад, два комутатори можуть бути логічно суміжними, хоча фізичне з'єднання між ними проходить через декілька комутаційних панелей. Тому для достовірного аналізу необхідно використовувати взаємопов'язані графові представлення.

Алгоритм роботи підпрограми визначення оптимальної кабельної траси представлено на рисунку 4.2. Підпрограма отримує початкову й кінцеву точки підключення, характеристики доступних кабельних каналів, тип лінії та встановлені технічні обмеження.

На першому етапі формується множина допустимих ділянок. Далі для кожної з них визначаються довжина, вартість використання, доступна місткість і додаткові експлуатаційні ризики. На основі цих характеристик виконується пошук допустимого маршруту. Якщо знайдено декілька варіантів, вони порівнюються за встановленою оптимізаційною функцією. Після перевірки результату формується рекомендована траса із зазначенням її складових.

Під час проєктування необхідно враховувати, що система аналізує фізичну інфраструктуру, а не безпосередньо виконує перекомутацію мережі. Програмний алгоритм може визначити можливість іншого маршруту, необхідність додаткової кабельної лінії або доцільність перенесення точки підключення. Однак фактичне прокладання кабелю, перепідключення портів і проведення вимірювань потребують відповідних фізичних робіт. Тому результати оптимізації повинні мати статус рекомендацій до моменту підтвердження виконання та перевірки нової конфігурації.

Для забезпечення достовірності необхідно розрізняти документовані, автоматично виявлені та експериментально підтверджені з'єднання.

Частину відомостей про мережеві інтерфейси можна отримувати через SNMP або Link Layer Discovery Protocol (LLDP). Протокол LLDP, визначений

стандартом IEEE 802.1AB, дозволяє отримувати інформацію про суміжні мережеві пристрої. Проте така інформація не визначає повний фізичний маршрут кабелю через пасивні комутаційні панелі. Для встановлення відповідного маршруту необхідні інвентаризаційні записи або результати фізичного обстеження.

Окрему увагу доцільно приділити структурі даних. Кабельна інфраструктура може містити багато однотипних об'єктів, зокрема порти комутаційних панелей, розетки, волокна оптичних кабелів і окремі лінії між шафами. Якщо всі ці елементи представляти лише вершинами одного типу, граф може втратити важливі фізичні властивості. Тому кожний об'єкт повинен мати визначену категорію, набір атрибутів і допустимі типи з'єднань.

Важливим є також збереження відмінності між наявною та запланованою інфраструктурою. Алгоритм пошуку не повинен вважати проєктовану кабельну трасу вже встановленим з'єднанням. Для цього кожне ребро повинно мати статус, який визначає можливість його використання під час аналізу поточної топології. Заплановані сегменти можуть враховуватися лише в окремих сценаріях оптимізації.

Запропонована структура дозволяє послідовно переходити від інвентаризації до аналітичних розрахунків. Спочатку формується достовірна модель фізичних з'єднань. Далі визначаються маршрути та структурні залежності. Після цього аналізуються характеристики кабельних ліній і можливості зміни їхнього розташування. Завершальним етапом є побудова альтернативної конфігурації та перевірка її придатності.

Алгоритм реєстрації об'єктів кабельної інфраструктури

Початковим етапом функціонування системи є формування реєстру фізичних об'єктів. Вхідними даними алгоритму є інвентаризаційні відомості про будівлі, приміщення, телекомунікаційні шафи, комутаційні панелі, мережеве обладнання та кабельні лінії.

Для кожного об'єкта створюється унікальний ідентифікатор. Він використовується для встановлення зв'язків і не повинен залежати лише від

відображуваної назви. Наприклад, перейменування комутаційної панелі не повинно призводити до втрати інформації про підключені кабелі.

Після реєстрації визначається тип об'єкта. Для кабелю можуть зберігатися його категорія, середовище передавання, довжина, виробник, маркування та експлуатаційний стан. Для мережевого порту визначаються належність до пристрою, фізичний тип інтерфейсу та допустимі характеристики з'єднання.

Окремо реєструються просторові атрибути. До них належать будівля, поверх, приміщення, шафа та точка встановлення. Ці відомості використовуються під час формування графа фізичних трас.

Підхід до ідентифікації та документування інфраструктури доцільно узгоджувати з ANSI/TIA-606-D, який регламентує адміністрування телекомунікаційної інфраструктури, включно з маркуванням і веденням відповідних записів.

Результатом алгоритму є структурований реєстр інфраструктурних об'єктів, придатний для подальшого встановлення фізичних зв'язків.

Алгоритм формування з'єднань між портами

Для коректного відображення кабельної інфраструктури необхідно встановити зв'язки між конкретними точками термінації, а не лише між пристроями.

Вхідними даними є ідентифікатори портів, характеристики кабелю та відомості про фізичне підключення.

На першому етапі перевіряється існування обох кінцевих точок. Далі визначається сумісність їхніх типів. Наприклад, підключення оптичного волокна повинно відповідати типу використаних оптичних роз'ємів і трансиверів.

Після перевірки формується запис кабельного з'єднання. Він містить обидві точки термінації, тип середовища, довжину та статус.

Для пасивних комутаційних панелей необхідно окремо визначити відповідність між фронтальними й тильними портами. З'єднання через панель не повинно довільно вважатися комутацією між усіма її портами.

Окремо контролюється зайнятість точок підключення. Один фізичний порт не може отримувати необмежену кількість незалежних кабельних з'єднань. Винятки визначаються конструкцією відповідного з'єднувального елемента.

Результатом алгоритму є узгоджена модель фактичних фізичних підключень.

Алгоритм побудови графа фізичної кабельної топології

Для формального представлення кабельної інфраструктури використовується граф *(G=(V,E)), де (V)* визначає множину вершин, *a(E)* множину ребер.

У графі фізичних з'єднань вершини можуть представляти порти обладнання, розетки, точки термінації та інші об'єкти, між якими існує визначене електричне або оптичне з'єднання.

Ребра відповідають фізичним кабельним сегментам або підтвердженим внутрішнім з'єднанням пасивних компонентів. Для кожного ребра зберігаються характеристики середовища, довжина та статус.

На першому етапі алгоритм отримує перелік зареєстрованих точок термінації. Далі обробляються записи кабельних з'єднань.

Для кожного запису перевіряється існування кінцевих вершин. Якщо одна з них відсутня, ребро не включається до підтвердженої топології.

Після цього створюється структура суміжності. Вона дозволяє визначати безпосередньо пов'язані компоненти та виконувати пошук маршрутів.

За наявності декількох незалежних кабелів між однаковими інфраструктурними об'єктами доцільно використовувати мультиграф. Це дозволяє не втрачати інформацію про окремі фізичні з'єднання.

Результатом алгоритму є графова модель фізичної топології, придатна для дослідження кабельних маршрутів і структурних залежностей.

Алгоритм побудови графа кабельних трас

Граф фактичних підключень не містить усієї інформації про фізичні шляхи прокладання. Для оптимізації довжини та вартості необхідно використовувати окремий просторовий граф.

Вхідними даними є відомості про кабельні лотки, канали, проходи між приміщеннями, монтажні шафи та доступні точки розміщення.

Вершинами такого графа є точки входу й виходу з кабельних каналів, місця розгалуження та визначені монтажні позиції. Ребра представляють фізичні ділянки можливого прокладання.

Кожному ребру призначаються характеристики довжини, вартості монтажу, доступної місткості та допустимого типу кабелю. Додатково можуть враховуватися просторові обмеження та наявність необхідних засобів захисту.

На першому етапі формується перелік маршрутних точок. Далі між ними встановлюються допустимі з'єднання.

Особливу увагу необхідно приділити реалістичності переходів. Наявність двох близько розташованих точок не означає автоматичної можливості прокладання кабелю між ними.

Результатом алгоритму є граф доступних фізичних трас, який використовується для розрахунку нових маршрутів.

Алгоритм перевірки цілісності графової моделі

Після формування графів необхідно перевірити коректність відношень між їхніми елементами.

На першому етапі виконується пошук з'єднань із відсутніми кінцевими вершинами. Такі записи можуть виникати після видалення обладнання або імпорту неповної інвентаризаційної інформації.

Далі визначаються дублікати кабельних записів. Необхідно розрізняти випадкове дублювання та наявність декількох реальних кабелів між однаковими пристроями.

Окремо перевіряється відповідність типів об'єктів. Наприклад, запис про підключення мережевого інтерфейсу до фізично несумісного типу термінації повинен позначатися як помилковий.

Наступним етапом є перевірка зайнятості портів і доступної місткості кабельних трас.

Цикли не повинні автоматично вважатися помилками. У фізичній мережевій інфраструктурі вони можуть виникати через резервні з'єднання. Їхня допустимість визначається відповідною архітектурою.

Результатом алгоритму є перелік структурних суперечностей і підтверджена частина графа, придатна для аналітичних операцій.

Алгоритм автоматизованого отримання мережевої топології

Для уточнення фізичної моделі можуть використовуватися дані керованого мережевого обладнання.

Вхідними даними є відомості SNMP, записи LLDP та характеристики мережевих інтерфейсів.

На першому етапі виконується опитування доступних пристроїв. Далі визначаються ідентифікатори інтерфейсів і поточний стан з'єднання.

За підтримки LLDP отримуються повідомлення про суміжні пристрої. Ці відомості зіставляються з інвентаризаційними записами.

Якщо інформація вказує на зв'язок між двома активними інтерфейсами, але в каталозі відсутній фізичний маршрут, система формує повідомлення про неповноту документації.

Водночас не можна автоматично створювати підтверджені кабельні сегменти через невідомі комутаційні панелі. LLDP визначає суміжність мережевих пристроїв, але не розкриває повний склад пасивної кабельної траси.

Результатом алгоритму є доповнений набір спостережень про мережеву суміжність, який використовується для уточнення фізичного графа.

Алгоритм пошуку наскрізного кабельного з'єднання

Для визначення фактичного маршруту між обладнанням необхідно простежити послідовність кабельних сегментів і пасивних з'єднувальних компонентів.

Вхідними даними є початковий порт, граф фізичних з'єднань і відомості про внутрішню відповідність портів комутаційних панелей.

На першому етапі визначається кабель, підключений до початкового порту. Далі встановлюється його протилежна точка термінації.

Якщо вона належить до пасивного наскрізного компонента, алгоритм переходить до відповідного внутрішнього з'єднання. Після цього простежується наступний кабельний сегмент.

Операція повторюється до досягнення кінцевого активного інтерфейсу, незайнятого порту або невизначеної ділянки.

Для запобігання нескінченному обходу використовується множина вже відвіданих елементів.

Якщо виявлено декілька допустимих фізичних шляхів, результати зберігаються окремо. При цьому необхідно враховувати конструктивні можливості конкретних пасивних компонентів.

Подібний принцип простежування фізичних кабелів використовується в системах керування інфраструктурою центрів обробки даних, зокрема NetBox.

Результатом алгоритму є послідовність реальних кабельних сегментів між заданими точками.

Алгоритм аналізу зв'язності кабельної інфраструктури

Для дослідження структури фізичних підключень застосовуються алгоритми обходу графів. Вхідними даними є граф підтверджених кабельних з'єднань та множина контрольованих кінцевих точок.

На початковому етапі вибирається вершина, від якої виконується обхід у ширину (Breadth-First Search, BFS) або в глибину (Depth-First Search, DFS).

Під час обходу визначаються досяжні вершини. Якщо певний об'єкт не належить до відповідної компоненти зв'язності, фізичний маршрут до нього в межах наявної моделі відсутній.

Після завершення обходу система формує множини компонент зв'язності. Важливо, що зв'язність фізичного графа не завжди означає логічну мережеву доступність. Для працездатності з'єднання також мають значення активність обладнання, конфігурація інтерфейсів і протоколи передавання.

Тому результати фізичного аналізу використовуються для дослідження кабельної структури, а не як безумовне підтвердження мережевої взаємодії. Результатом є перелік ізольованих ділянок і компонент зв'язності.

Алгоритм визначення критичних кабельних сегментів

Для оцінювання стійкості інфраструктури необхідно визначити елементи, відмова яких може призвести до втрати фізичної зв'язності між важливими точками.

Вхідними даними є граф фізичних з'єднань та перелік критичних сервісів або вузлів.

На першому етапі визначаються мости графа. Мостом є ребро, видалення якого збільшує кількість компонент зв'язності.

Для пошуку таких ребер може застосовуватися алгоритм Тар'яна, який використовує час входу до вершини та значення найранішої досяжної вершини.

Для неорієнтованого графа відповідний пошук виконується за час, пропорційний сумі кількості вершин і ребер.

Окремо визначаються точки артикуляції. Їхнє вилучення також може призводити до порушення зв'язності.

Результати необхідно інтерпретувати з урахуванням типу фізичного об'єкта. Наприклад, відмова окремого комутаційного порту та пошкодження спільного кабельного лотка можуть мати різні наслідки.

Результатом алгоритму є перелік структурно критичних елементів, які потребують додаткової уваги під час планування резервування.

Алгоритм оцінювання фізичного резервування

Наявність декількох кабельних ліній не завжди забезпечує незалежне резервування. Якщо вони проходять через один кабельний канал, пошкодження спільної ділянки може одночасно вплинути на всі з'єднання.

Вхідними даними є основні та резервні маршрути, а також відомості про їхнє просторове розміщення.

На першому етапі визначаються фізичні шляхи відповідних з'єднань.

Далі аналізується перетин множин кабельних сегментів і маршрутних ділянок. Якщо два маршрути використовують спільний лоток або прохід, ця залежність фіксується.

Для перевірки незалежності за ребрами можуть використовуватися алгоритми пошуку неперетинних шляхів. Однак така перевірка повинна виконуватися саме на графі фізичних трас.

Окремо розглядаються спільні приміщення, телекомунікаційні шафи та інші потенційні точки одночасної відмови.

Результатом є оцінка фізичної незалежності резервних ліній, яка використовується для планування модернізації.

Алгоритм визначення характеристик кабельної лінії

Для оцінювання придатності з'єднання необхідно враховувати не лише структуру графа, а й фізичні характеристики кабелю.

Вхідними даними є тип середовища, довжина, категорія або клас лінії та доступні результати вимірювань.

Для мідних кабелів можуть використовуватися характеристики загасання, перехресних наведень, опору провідників, довжини та інших параметрів, визначених відповідною методикою сертифікації.

Для оптичних ліній важливими є тип волокна, довжина хвилі, внесені втрати та характеристики з'єднувачів.

На першому етапі визначається тип кабельної лінії. Далі вибирається відповідний набір контрольованих параметрів.

Після цього фактичні значення порівнюються з установленими вимогами. Порогові характеристики повинні визначатися за відповідною категорією, стандартом і способом вимірювання.

Необхідно розрізняти фізичну довжину кабелю та значення, отримане тестовим приладом. Результат вимірювання може залежати від методу, конфігурації та встановлених параметрів.

Результатом алгоритму є оцінка технічної придатності лінії в межах доступних вимірювань.

Алгоритм інтеграції результатів кабельного тестування

Достовірність аналізу підвищується за використання результатів перевірки фізичних ліній спеціалізованими приладами.

Вхідними даними є протоколи кабельного тестування, ідентифікатори ліній і відповідні виміряні характеристики.

На першому етапі виконується перевірка структури імпортованих записів. Далі визначається лінія, до якої належать результати.

Особливу увагу необхідно приділити маркуванню. Якщо ідентифікатор у звіті приладу не збігається з реєстром, дані не повинні автоматично приписуватися іншому кабелю.

Після встановлення відповідності виконується нормалізація одиниць вимірювання.

Далі визначається результат перевірки з урахуванням зазначеного стандарту, категорії та типу тесту.

Важливо розрізняти простий тест цілісності провідників, кваліфікаційні вимірювання та повну сертифікацію кабельного каналу.

Відсутність сертифікаційних даних не означає автоматичної несправності лінії. Вона свідчить про недостатність інформації для підтвердження відповідності.

Результатом алгоритму є доповнення графової моделі перевіреними характеристиками фізичних сегментів.

Алгоритм аналізу завантаження кабельних каналів

Кабельні лотки та канали мають обмежену місткість. Під час планування нових ліній необхідно враховувати фактичне використання доступного простору.

Вхідними даними є характеристики каналу, перелік прокладених кабелів і вимоги до допустимого заповнення.

На початковому етапі визначається місткість відповідної ділянки.

Далі аналізується кількість або сумарна площа поперечного перерізу прокладених кабелів, якщо відповідна методика використовується для оцінювання заповнення.

Окремо враховуються необхідні технологічні резерви, можливість подальшого обслуговування та вимоги до розділення різних типів кабелів.

Для мідних кабельних пучків із дистанційним живленням може виникати потреба в оцінюванні теплових характеристик. Такий розрахунок залежить від параметрів кабелю, умов прокладання та відповідних нормативних вимог.

Після обчислення завантаження визначається можливість розміщення додаткової лінії.

Якщо допустима місткість перевищена, відповідна ділянка виключається з алгоритму маршрутизації нових кабелів.

Результатом є актуальна оцінка використання кабельних трас.

Алгоритм визначення ваг ребер графа

Для оптимізації кабельних маршрутів необхідно сформувати числову оцінку використання кожної ділянки. Вхідними даними є довжина, монтажна вартість, експлуатаційні характеристики та доступна місткість ребра.

На першому етапі встановлюються обов'язкові обмеження. Ділянки, які не підтримують необхідний тип кабелю або мають недостатню місткість, виключаються.

Для допустимих ребер визначається вагова оцінка. Вона може враховувати довжину, вартість монтажу та умовний показник експлуатаційного ризику.

Загальна оцінка ділянки може бути представлена як

$$[w_e = \alpha L_e + \beta C_e + \gamma R_e,]$$

де (L_e) визначає довжину, (C_e) характеризує монтажні витрати, (R_e) відображає ризик, а коефіцієнти (α), (β) та (γ) встановлюють їхню відносну значущість.

Перед підсумовуванням значення необхідно нормалізувати або використовувати коефіцієнти з відповідними одиницями вимірювання.

Для застосування алгоритмів пошуку найкоротшого шляху ваги повинні бути невід'ємними. Результатом є зважений граф фізичних трас, придатний для оптимізаційного аналізу.

Алгоритм пошуку оптимальної кабельної траси

Основним завданням оптимізаційного модуля є пошук допустимого маршруту між заданими точками підключення. Вхідними даними є початкова й кінцева вершини, граф фізичних трас, тип кабелю та обмеження проєктування.

На першому етапі визначається множина ребер, які відповідають установленим технічним вимогам.

Якщо всі ваги невід'ємні, для визначення маршруту з мінімальною сумарною вагою може використовуватися алгоритм Дейкстри.

Після завершення пошуку формується послідовність маршрутних ділянок. Далі перевіряється загальна довжина та відповідність вимогам до прокладання.

Необхідно враховувати, що звичайний алгоритм Дейкстри мінімізує лише суму ваг. Якщо додатково встановлено незалежне обмеження на повну довжину, пошук найменшої ваги з подальшою перевіркою не гарантує знаходження допустимого оптимального маршруту.

Для таких випадків необхідно застосовувати алгоритми пошуку шляху з ресурсними обмеженнями або формувати декілька недомінованих варіантів.

Результатом є маршрут, який відповідає обраній моделі оптимізації та встановленим обмеженням.

Алгоритм багатокритеріального вибору маршруту

Найкоротша траса не завжди є найкращою з погляду експлуатації. Вона може проходити через перевантажені канали або складні для обслуговування ділянки.

Тому для прийняття рішення доцільно використовувати декілька критеріїв.

Вхідними даними є множина допустимих маршрутів, їхня довжина, вартість монтажу та показники експлуатаційного ризику.

На першому етапі виконується перевірка обов'язкових обмежень. Після цього формуються оцінки за кожним критерієм.

Для порівняння може використовуватися метод зваженої суми. Як альтернативний підхід розглядається побудова множини Парето-оптимальних маршрутів.

Маршрут вважається домінованим, якщо існує інший варіант, який не гірший за всіма критеріями та кращий хоча б за одним.

Після визначення недомінованих рішень виконується вибір відповідно до пріоритетів проєкту.

Для критичних комунікацій може надаватися перевага фізичній незалежності та зручності обслуговування. Для некритичних ліній більшу вагу можуть мати довжина й монтажна вартість.

Результатом є обґрунтована рекомендація щодо розміщення кабелю.

Алгоритм оптимізації резервних трас

Для критичних мережевих з'єднань необхідно розглядати можливість прокладання фізично незалежних кабельних маршрутів.

Вхідними даними є основна траса, граф доступних каналів і вимоги до резервування.

На першому етапі визначаються ділянки основного маршруту.

Далі формується множина ребер, які не повинні використовуватися резервною лінією.

Після виключення відповідних ділянок виконується пошук альтернативного шляху.

Якщо маршрут існує, перевіряється його довжина, вартість і технічна допустимість.

Якщо незалежного шляху немає, система повинна визначити причину. Нею може бути відсутність фізичного проходу між приміщеннями або недостатня місткість альтернативного каналу.

Окремо необхідно враховувати спільні точки відмов. Навіть різні кабельні траси можуть використовувати одну телекомунікаційну шафу або приміщення.

Результатом алгоритму є рекомендована резервна траса або повідомлення про неможливість забезпечити необхідну фізичну незалежність.

Алгоритм оцінювання критичності інфраструктурних елементів

Для планування модернізації важливо визначити ділянки, від яких залежить найбільша кількість важливих з'єднань.

Вхідними даними є граф кабельної інфраструктури та перелік контрольованих сервісів.

На першому етапі для кожного сервісу визначається відповідний фізичний маршрут.

Далі обчислюється кількість маршрутів, які використовують окремий кабельний сегмент або спільну ділянку траси.

Для додаткового аналізу може використовуватися показник посередницької центральності (Betweenness Centrality). Він характеризує частоту проходження найкоротших шляхів через певну вершину або ребро.

Однак висока центральність не завжди означає критичність для конкретного сервісу. Тому отримані результати необхідно доповнювати відомостями про призначення з'єднань.

Після цього формується інтегральна оцінка критичності.

Результатом є впорядкований перелік інфраструктурних елементів, які доцільно першочергово аналізувати під час планування резервування або реконструкції.

Алгоритм виявлення невідповідностей між документацією та спостереженнями

Під час експлуатації кабельної інфраструктури можуть виникати зміни, які не були внесені до інвентаризаційної документації.

Вхідними даними є поточна графова модель, результати мережевого опитування та відомості про виконані фізичні роботи.

На першому етапі визначаються задокументовані підключення.

Далі аналізуються отримані від мережевого обладнання відомості про активні інтерфейси та суміжні пристрої.

Якщо підтверджена мережна суміжність не відповідає документованій схемі, формується запис про можливу невідповідність.

При цьому система не повинна самостійно змінювати фізичну модель лише на підставі одного повідомлення LLDP.

Для остаточного підтвердження можуть використовуватися повторне опитування, перевірка комутаційних панелей та результати кабельного тестування.

Результатом алгоритму є перелік розбіжностей, які потребують уточнення під час технічного обслуговування.

Алгоритм локалізації потенційно пошкоджених сегментів

Для скорочення часу діагностики доцільно зіставляти експлуатаційні ознаки несправності з графовою моделлю кабельних з'єднань.

Вхідними даними є повідомлення про недоступність портів, помилки фізичного інтерфейсу, результати кабельних вимірювань і відомості про маршрути.

На першому етапі визначаються з'єднання, для яких зафіксовано порушення.

Далі для кожного з них формується перелік фізичних кабельних сегментів.

Якщо декілька проблемних з'єднань проходять через спільну ділянку, система може сформувати припущення про її можливу несправність.

Далі оцінюється наявність додаткових підтверджень. До них можуть належати результати перевірки кабельного тестера або відомості про пошкодження відповідного кабельного каналу.

Важливо, що зміна швидкості Ethernet-з'єднання, кількість помилок кадрів або втрата зв'язку не дозволяють однозначно встановити місце фізичного пошкодження.

Тому результати графового аналізу повинні розглядатися як діагностичні гіпотези.

Результатом є перелік імовірних проблемних сегментів із зазначенням підстав для їхньої перевірки.

Приклад програмної реалізації пошуку кабельного маршруту

Для пояснення принципу пошуку допустимого маршруту можна використати програмний алгоритм мовою Python. Наведений приклад демонструє роботу зі зваженим графом кабельних трас. Для кожної ділянки враховуються довжина, умовна монтажна вартість, ризик і доступність для визначеного типу кабелю.

Алгоритм формує маршрут із мінімальною оцінкою серед варіантів, які відповідають установленому обмеженню на сумарну довжину. Для цього використовується збереження недомінованих проміжних станів. Наведений код є

ілюстративним і не підтверджує фактичне використання зазначеної реалізації в програмному комплексі.

```
from dataclasses import dataclass
from collections import defaultdict
from heapq import heappush, heappop
from math import isfinite


@dataclass(frozen=True)
class CableSegment:
    # Ділянка доступного кабельного каналу
    start: str
    end: str
    length_m: float
    installation_cost: float
    risk: float
    available_capacity: int
    supported_media: frozenset[str]
    approved: bool


def find_cable_route(
    segments: list[CableSegment],
    source: str,
    target: str,
    cable_medium: str,
    max_total_length_m: float,
    length_weight: float = 1.0,
    cost_weight: float = 1.0,
    risk_weight: float = 10.0
) -> dict:
    """Пошук допустимої кабельної траси з обмеженням довжини."""

    if (
        not source or not target or not cable_medium
        or not isfinite(max_total_length_m)
        or max_total_length_m <= 0
    ):
        return {"status": "INVALID_REQUEST"}

    weights = (length_weight, cost_weight, risk_weight)

    if any(not isfinite(w) or w < 0 for w in weights):
        return {"status": "INVALID_WEIGHTS"}

    # Формуємо граф дозволених фізичних трас
    graph = defaultdict(list)

    for segment in segments:
        if not segment.approved:
            continue

        if segment.available_capacity < 1:
            continue

        if cable_medium not in segment.supported_media:
            continue

        values = (
            segment.length_m,
            segment.installation_cost,
```

```
            segment.risk
        )

        if any(not isfinite(v) or v < 0 for v in values):
            continue

        if not 0 <= segment.risk <= 1:
            continue

        if segment.length_m <= 0:
            continue

        # Оцінюємо використання відповідної ділянки
        weight = (
            length_weight * segment.length_m
            + cost_weight * segment.installation_cost
            + risk_weight * segment.risk
        )

        # Кабельні траси розглядаємо як двосторонні
        graph[segment.start].append(
            (segment.end, segment.length_m, weight)
        )
        graph[segment.end].append(
            (segment.start, segment.length_m, weight)
        )

    # Для кожної вершини зберігаємо недоміновані стани
    labels = defaultdict(list)
    labels[source].append((0.0, 0.0))

    # Елементи черги містять оцінку, довжину та маршрут
    queue = [(0.0, 0.0, source, (source,))]

    while queue:
        score, length, node, path = heappop(queue)

        # Пропускаємо проміжні стани, витіснені кращими
        if (score, length) not in labels[node]:
            continue

        if node == target:
            return {
                "status": "PROPOSED",
                "route": list(path),
                "length_m": round(length, 3),
                "score": round(score, 3)
            }

        for neighbor, edge_length, edge_weight in graph[node]:
            new_length = length + edge_length

            # Перевіряємо загальне обмеження довжини
            if new_length > max_total_length_m:
                continue

            new_score = score + edge_weight

            # Відхиляємо стан, який не покращує жодний критерій
            dominated = any(
                previous_score <= new_score
                and previous_length <= new_length
                for previous_score, previous_length in labels[neighbor]
            )
```

```
            if dominated:
                continue

            # Видаляємо стани, які домінуються новим
            labels[neighbor] = [
                (previous_score, previous_length)
                for previous_score, previous_length in labels[neighbor]
                if not (
                    new_score <= previous_score
                    and new_length <= previous_length
                )
            ]

            labels[neighbor].append(
                (new_score, new_length)
            )

            heappush(
                queue,
                (
                    new_score,
                    new_length,
                    neighbor,
                    path + (neighbor,)
                )
            )

    return {
        "status": "NO_FEASIBLE_ROUTE",
        "route": []
    }
```

У наведеному прикладі спочатку виконується перевірка параметрів запиту. Далі формується граф із ділянок, які дозволені для відповідного типу кабелю та мають доступну місткість.

Для кожного ребра обчислюється узагальнена вага. Вона враховує довжину, монтажну вартість та умовний показник ризику.

Під час пошуку алгоритм накопичує проміжні варіанти. На відміну від звичайного пошуку лише за однією вагою, він додатково контролює сумарну довжину маршруту.

Якщо два проміжні шляхи до однієї вершини мають різні значення довжини й вартості, алгоритм може зберігати обидва варіанти. Це необхідно для запобігання втраті допустимого рішення.

Після досягнення цільової вершини повертається рекомендований маршрут. Якщо відповідного шляху немає, формується результат NO_FEASIBLE_ROUTE.

Необхідно враховувати, що наведена реалізація призначена для пояснення принципу пошуку. У найгіршому випадку кількість недомінованих станів може бути значною. Для великих графів доцільно застосовувати додаткові методи обмеження простору пошуку.

Також програмний приклад не перевіряє повний перелік інженерних вимог. Перед практичним використанням необхідно врахувати радіуси вигину, правила розділення кабелів, особливості проходження протипожежних перешкод і фактичні характеристики портів.

Обмеження довжини у функції є параметром проєктування. Воно не замінює перевірки відповідності конкретного Ethernet-каналу чи оптичної лінії вимогам застосованої технології.

Алгоритм глобальної оптимізації кабельної інфраструктури

Оптимізація окремого маршруту не завжди забезпечує найкраще використання інженерної інфраструктури. Якщо декілька нових ліній прокладаються незалежно, вони можуть перевантажувати один кабельний канал.

Тому необхідно розглядати спільний розподіл доступної місткості.

Вхідними даними є перелік запланованих з'єднань, множина допустимих маршрутів та характеристики спільних ділянок.

На першому етапі для кожного з'єднання формується декілька альтернативних трас.

Далі визначається сумарне завантаження кабельних каналів за кожної комбінації маршрутів.

Для формального подання можуть використовуватися бінарні змінні, які визначають вибір відповідного маршруту для конкретного з'єднання.

Оптимізаційна функція може мінімізувати сумарну довжину кабелів, монтажні витрати та використання критичних каналів.

При цьому для кожного фізичного каналу встановлюється обмеження на допустиму зайнятість.

Для невеликих моделей може використовуватися цілочисельне програмування. Для великих інфраструктур доцільно застосовувати евристичні методи послідовного розміщення з повторною перевіркою конфліктів.

Результатом алгоритму є узгоджений план розміщення декількох кабельних ліній.

Алгоритм формування сценаріїв модернізації

Для практичного використання оптимізаційних результатів необхідно відокремлювати поточну топологію від проєктованих змін.

Вхідними даними є граф наявної інфраструктури, перелік проблемних ділянок і сформовані рекомендації.

На початковому етапі створюється окремий сценарій модернізації.

До нього додаються заплановані кабельні лінії, можливі зміни підключення портів і необхідні нові елементи інженерної інфраструктури.

Після формування сценарію виконується повторний аналіз графа.

Система визначає, як запропоновані зміни вплинуть на загальну довжину кабелів, завантаження каналів та фізичне резервування.

Окремо перевіряється можливість виконання змін без одночасного порушення роботи критичних з'єднань.

Якщо потрібне тимчасове відключення обладнання, відповідна операція повинна відображатися як запланована фізична робота.

Результатом алгоритму є модель альтернативної конфігурації, яку можна порівнювати з поточним станом без фактичної зміни інвентаризаційних даних.

Алгоритм оцінювання ефективності запропонованих змін

Для визначення доцільності модернізації необхідно зіставити характеристики початкової та альтернативної конфігурацій.

Вхідними даними є поточний граф, запропонований сценарій і встановлені критерії оцінювання.

На першому етапі обчислюється загальна довжина нових або замінених кабельних сегментів.

Далі визначаються прогнозовані монтажні витрати. Вони можуть враховувати вартість кабелю, з'єднувальних компонентів і виконання відповідних робіт.

Окремо оцінюються зміни в завантаженні кабельних каналів.

Для критичних з'єднань перевіряється наявність альтернативних фізичних маршрутів.

За результатами формується порівняльна оцінка.

Необхідно враховувати, що скорочення довжини кабелю саме по собі не завжди забезпечує збільшення швидкості передавання даних. Якщо поточне з'єднання відповідає вимогам технології, зменшення його довжини може не вплинути на узгоджену швидкість Ethernet.

Тому висновки щодо продуктивності повинні ґрунтуватися на відповідних фізичних характеристиках і результатах вимірювань.

Результатом є оцінка доцільності модернізації з урахуванням технічних та економічних критеріїв.

Алгоритм контролю виконання фізичних робіт

Після затвердження сценарію модернізації необхідно забезпечити коректне внесення змін до інформаційної моделі.

Вхідними даними є перелік запланованих операцій та відомості про фактично виконані роботи.

На першому етапі відповідна зміна отримує статус запланованої.

Після прокладання кабелю або перекомутації портів виконавець реєструє фактичні характеристики з'єднання.

Далі перевіряється відповідність результату затвердженому маршруту.

Якщо фізична траса відрізняється від запланованої, інформація повинна бути уточнена до підтвердження завершення.

Після цього можуть додаватися результати тестування або сертифікації.

Лише після перевірки відповідний запис переходить до стану діючої інфраструктури.

Такий порядок запобігає ситуації, коли графова модель відображає проєктне рішення як уже реалізоване з'єднання.

Результатом алгоритму є актуалізована фізична модель, яка відповідає підтвердженим роботам.

Алгоритм зберігання графової моделі

Для підтримання великої кількості взаємопов'язаних об'єктів необхідно забезпечити структуроване зберігання інформації.

Як можливий варіант може використовуватися реляційна база даних PostgreSQL. У ній формуються окремі записи про пристрої, порти, кабелі, маршрутні ділянки та результати вимірювань.

Зв'язки між об'єктами визначаються через відповідні ідентифікатори. Для кожного фізичного кабелю зберігаються обидві точки термінації.

Для виконання графових алгоритмів дані можуть завантажуватися до оперативної пам'яті у вигляді структури суміжності.

За потреби система може використовувати спеціалізовану графову базу даних, зокрема Neo4j. Однак вибір такого засобу повинен бути обґрунтований складністю запитів і фактичним обсягом інфраструктури.

Особливу увагу необхідно приділити історії змін. Видалення кабельного сегмента з поточної моделі не повинно автоматично знищувати відомості про його попереднє використання.

Результатом алгоритму є узгоджене сховище графових даних із підтримкою актуальної та історичної інформації.

Особливості програмної реалізації системи

Для реалізації графових алгоритмів може використовуватися Python. Він забезпечує засоби роботи зі структурами даних, пошуку маршрутів та виконання оптимізаційних обчислень.

Як можливий інструмент розглядається NetworkX. Бібліотека підтримує побудову графів, пошук найкоротших шляхів, аналіз компонент зв'язності та визначення структурних характеристик.

Для оброблення табличних результатів інвентаризації можуть використовуватися pandas і відповідні засоби імпорту.

Для інтеграції з керованим мережевим обладнанням можуть застосовуватися бібліотеки роботи із SNMP та підтримуваними програмними інтерфейсами пристроїв.

Окремий модуль повинен відповідати за візуальне представлення топології. Для цього можливе використання вебінтерфейсу або спеціалізованих засобів відображення графів.

Важливо відокремити алгоритми аналізу від користувацького інтерфейсу. Граф повинен залишатися доступним для програмної обробки незалежно від способу його відображення.

Конкретний технологічний стек визначається фактичною програмною реалізацією. Наведені засоби є можливими інструментами для створення відповідних компонентів.

Алгоритм оброблення помилок і неповних даних

Під час роботи можливі відсутність інформації про фізичний маршрут, дублювання портів, некоректні вимірювання та недоступність джерел телеметрії.

На першому етапі визначається тип помилки.

Якщо відсутня одна з точок термінації, кабельний запис не повинен включатися до підтвердженого графа.

За відсутності довжини сегмента система може використовувати приблизну оцінку лише за умови її окремого позначення. Такий результат не повинен подаватися як підтверджене вимірювання.

Якщо мережевий пристрій тимчасово недоступний, попередні інвентаризаційні дані можуть залишатися в каталозі. Однак їхня актуальність повинна відображатися окремо. У разі суперечності між документацією та мережевими спостереженнями формується повідомлення про необхідність перевірки. Якщо оптимізаційний алгоритм не знаходить допустимого маршруту, система повинна повернути відповідний результат без створення фізично неможливого з'єднання.

Результатом алгоритму є контрольована обробка виняткових ситуацій зі збереженням достовірності моделі.

Забезпечення інформаційної безпеки та цілісності даних

Кабельна документація може містити відомості про розміщення критичних мережевих компонентів і резервні шляхи комунікації. Тому доступ до відповідної інформації необхідно обмежувати.

Для користувачів доцільно передбачити ролі перегляду, інвентаризації та затвердження змін.

Окремо необхідно контролювати можливість редагування фізичних з'єднань. Некоректна зміна графа може призвести до неправильних рекомендацій щодо модернізації.

Для інтеграції з обладнанням бажано використовувати облікові дані з мінімально необхідними повноваженнями.

Передавання службової інформації повинно здійснюватися через захищені канали.

Окремо зберігається журнал змін. Для кожної операції доцільно реєструвати ідентифікатор користувача, час і попередній стан відповідного об'єкта.

Для забезпечення відновлення необхідно передбачити резервне копіювання сховища метаданих.

Результатом застосування відповідних механізмів є контрольований доступ до інфраструктурної документації та збереження історії її змін.

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Для практичного застосування системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури передбачається використання програмного комплексу, який забезпечує облік фізичних з'єднань, побудову графової моделі мережі, аналіз кабельних трас і формування рекомендацій щодо їхньої оптимізації.

Програмне забезпечення дозволяє досліджувати зв'язність інфраструктури, визначати критичні кабельні сегменти та оцінювати альтернативні маршрути прокладання.

Результати аналізу використовуються для планування модернізації та підвищення ефективності використання кабельних ресурсів. Головне вікно програми показане на рисунку 5.1.

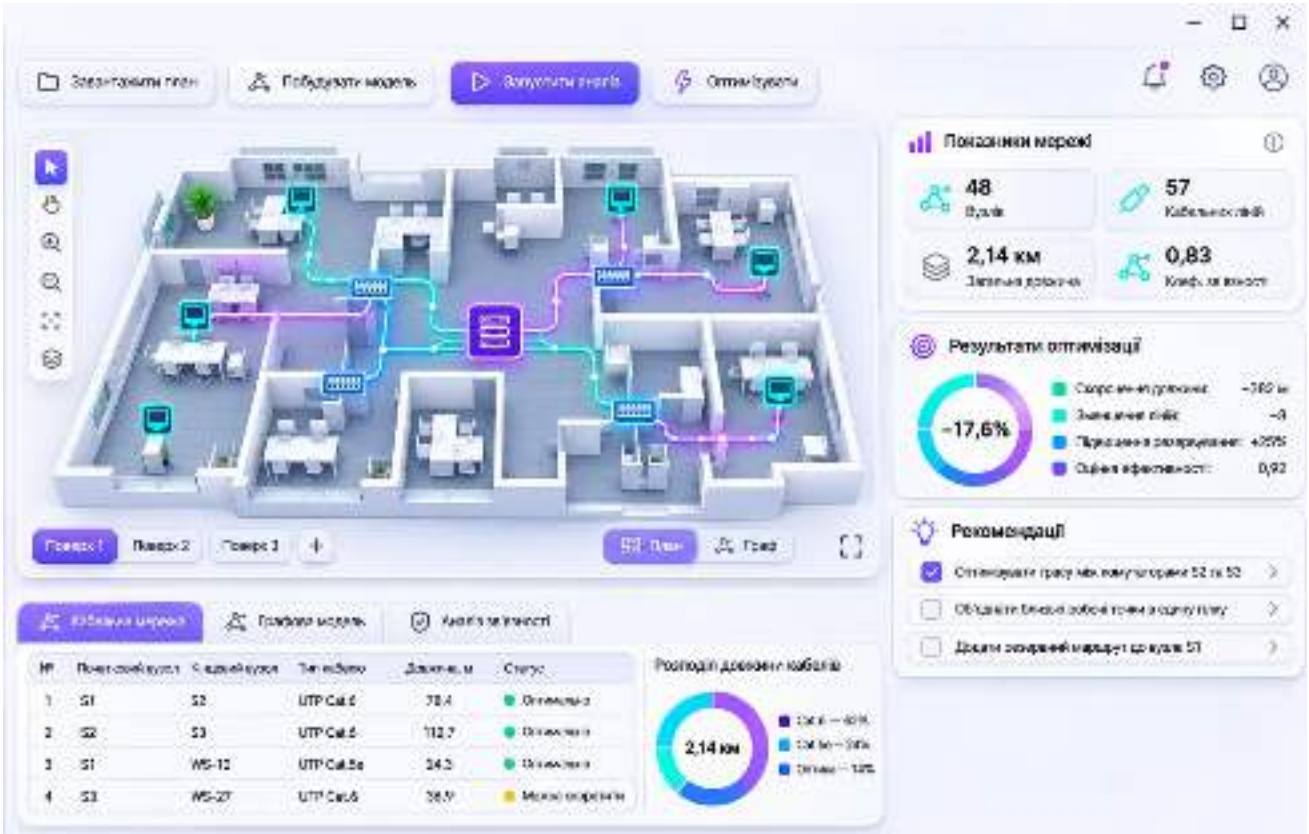

Рисунок 5.1 – Головне вікно розробленого ПЗ

Впровадження програмного комплексу передбачає підготовку обчислювального середовища, налаштування сховища інвентаризаційних даних, завантаження відомостей про кабельні з'єднання та перевірку роботи графових алгоритмів. Функціональна структура системи включає компоненти реєстрації обладнання, формування фізичної топології, аналізу зв'язності, оптимізації кабельних маршрутів і збереження результатів. Окремо може використовуватися модуль отримання відомостей із керованого мережевого обладнання.

Як можливе середовище реалізації аналітичної частини доцільно використовувати Python. Для побудови графів і виконання алгоритмів аналізу може застосовуватися бібліотека NetworkX.

Вона підтримує пошук маршрутів, визначення компонент зв'язності, мостів і точок артикуляції. Оброблення табличних інвентаризаційних записів може здійснюватися засобами pandas. Для зберігання відомостей про обладнання, порти, кабелі та результати вимірювань може використовуватися PostgreSQL.

Остаточний склад технологій визначається фактичною реалізацією програмного комплексу.

Розгортання можливе на серверній операційній системі Linux або іншій платформі, яка підтримує вибрані програмні компоненти. Вимоги до апаратного забезпечення залежать від кількості зареєстрованих об'єктів і складності графових розрахунків. Для невеликої локальної інфраструктури оброблення може виконуватися на звичайному персональному комп'ютері. Для великих мереж із численними портами, кабельними сегментами та маршрутними ділянками необхідно передбачити достатній обсяг оперативної пам'яті.

Підготовка програмного середовища починається зі встановлення інтерпретатора Python і необхідних бібліотек. Для ізоляції залежностей доцільно створити окреме віртуальне середовище.

Після встановлення перевіряється можливість імпорту бібліотек, створення тестового графа та виконання пошуку маршруту. Якщо передбачено використання PostgreSQL, додатково налаштовується доступ до сервера бази

даних і перевіряється можливість виконання операцій читання та записування.

Наступним етапом є формування структури сховища даних. У ньому необхідно передбачити облік мережевих пристроїв, комутаційних панелей, портів, кабельних ліній і фізичних трас. Для кожного об'єкта визначається унікальний ідентифікатор. Особливу увагу необхідно приділити зв'язкам між портами та кабелями. Відомості про логічну суміжність пристроїв повинні зберігатися окремо від підтверджених фізичних з'єднань.

Початкове наповнення системи здійснюється на основі інвентаризаційної документації. Для цього можуть використовуватися структуровані таблиці з відомостями про обладнання, маркування кабелів, точки підключення та довжини ліній. Перед імпортом необхідно перевірити правильність ідентифікаторів і відсутність суперечливих записів. Якщо частина фізичних з'єднань не підтверджена, відповідні відомості повинні отримувати окремий статус і не використовуватися як достовірна топологія.

Для уточнення інформації про мережеве обладнання може застосовуватися інтеграція через SNMP та LLDP. Перед налаштуванням необхідно перевірити підтримку відповідних протоколів на комутаторах і доступність керувальних інтерфейсів. Для SNMP доцільно використовувати захищений варіант SNMPv3 із мінімально необхідними повноваженнями. Отримані відомості дозволяють уточнювати стан інтерфейсів і суміжність активних пристроїв, але не замінюють документування фізичних кабельних трас.

Після завантаження інвентаризаційних записів виконується побудова графової моделі. Необхідно перевірити правильність формування вершин і ребер, а також відповідність фізичних з'єднань зареєстрованим портам. Окремо формується граф кабельних трас, який відображає доступні лотки, канали та маршрутні точки. Для кожної ділянки задаються довжина, доступна місткість і допустимий тип кабелю. Дані про проєктовані з'єднання повинні відокремлюватися від фактично встановлених.

Налаштування оптимізаційного компонента передбачає визначення критеріїв оцінювання кабельних маршрутів. До них можуть належати загальна

довжина лінії, прогнозовані монтажні витрати та експлуатаційний ризик. Для кожного критерію встановлюється відповідний ваговий коефіцієнт.

Окремо визначаються обов'язкові технічні обмеження, зокрема допустима довжина маршруту, сумісність кабельного середовища та доступна місткість інженерних каналів. Значення параметрів повинні відповідати умовам конкретної інфраструктури.

Рекомендована послідовність запуску передбачає початкову перевірку доступності бази даних, після чого активуються компоненти завантаження інвентаризації та формування графа. Далі запускаються модулі аналізу зв'язності й оптимізації маршрутів. Якщо використовується мережеве опитування, відповідний компонент активується після налаштування доступу до обладнання. Завершальним етапом є запуск користувацького інтерфейсу та перевірка можливості отримання результатів аналізу.

Первинну перевірку працездатності доцільно виконувати на невеликій контрольованій топології. Для цього створюється модель із декількох мережевих пристроїв, комутаційних панелей і кабельних сегментів. Після завантаження перевіряється правильність відображення фізичних з'єднань. Окремо контролюється можливість визначення маршруту між заданими портами через відповідні пасивні компоненти.

Для перевірки алгоритмів аналізу необхідно використовувати граф із відомими компонентами зв'язності та критичними ребрами. Система повинна правильно визначати ізольовані ділянки, мости й точки артикуляції. Додатково перевіряється пошук альтернативних фізичних маршрутів. Якщо резервна траса проходить через спільний кабельний канал, відповідна залежність повинна враховуватися під час оцінювання фізичного резервування.

Перевірка оптимізаційного компонента передбачає використання декількох маршрутів із відомими характеристиками. Для кожного варіанта визначаються довжина, монтажна вартість та доступна місткість. Результати програмного розрахунку порівнюються з очікуваними значеннями. Окремо моделюються ситуації, коли найкоротша траса не відповідає технічним

обмеженням. У такому випадку система повинна обрати інший допустимий маршрут або повідомити про його відсутність.

У процесі експлуатації можливі помилки імпорту інвентаризаційних даних, недоступність мережевого обладнання та суперечності між документованими й виявленими з'єднаннями. Для діагностики доцільно використовувати журнали програмних компонентів. Непідтверджені відомості не повинні автоматично змінювати фізичну модель. Після фактичної перекомутації або прокладання нової лінії необхідно оновити відповідні записи та перевірити їхню узгодженість. Перед введенням системи в регулярну експлуатацію необхідно перевірити розмежування прав доступу, правильність резервного копіювання бази даних і можливість відновлення конфігурації. Додатково контролюється збереження історії змін та відокремлення запланованої модернізації від підтвердженого стану інфраструктури. Результати перевірок використовуються для визначення готовності програмного комплексу до інвентаризації, аналізу й оптимізації кабельної мережі.

У програмному комплексі також передбачається можливість представлення відомостей про розробника. Така інформація використовується для ідентифікації програмного продукту та організації його подальшого технічного супроводження. Відомості про авторство системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей представлені на рисунку 5.2.



Рисунок 5.2 – Шаблонізована форма авторського права

6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Об'єктом дослідження є процес інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Предметом дослідження є методи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Методи дослідження базуються на методах теорії оптимізації, методах теорії графів, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

– Удосконалено метод інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

– Розроблено вітчизняний продукт інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

7 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Загальна комп’ютеризація суспільства призвела до того, що використання комп’ютерів стало повсюдним у всіх сферах економіки та народного господарства. Застосування персональних комп’ютерів і ЕОМ дозволило значно підвищити продуктивність праці, змінити характер і зміст праці [4]. Комп’ютеризація, поряд з незаперечними перевагами, тягне за собою і багато проблем. Для того, щоб активне застосування комп’ютерних технологій не стало додатковим чинником погіршення здоров’я, вкрай необхідно щоб робоче місце відповідало гігієнічним вимогам. Темою дипломного проекту є розробка та дослідження та реалізація програмного продукту, тому актуально буде розгляд умов праці програміста.

7.1 Аналіз умов праці на робочому місці програміста

Робота програміста пов'язана з постійною роботою на ЕОМ, яка відбувається у кімнаті розмірами 5 м×7,2 м×2,8 м. Одна з її більших стін має шість двостулкових вікон, розмірами 2,2 м×1,8 м, які виходять на північний схід. Вікна розташовані рівномірно по всій довжині стіни. Підлога в кімнаті покрита лінолеумом, всі стіни пофарбовані світло оранжевого кольору до висоти 2,8 м, а далі підвісна стеля. Уздовж стін розташовані комп'ютерні столи. На них розташовуються 2 персональні комп'ютери й інша оргтехніка (сканер принтери, телефони й ксерокс). Столи мають пластикове покриття. Габарити їхньої робочої поверхні 1250 мм×850 мм. Висота столів 750 мм. Висота стільців від рівня підлоги становить 430 мм. Згідно НПАОП 0.00 – 1.28 – 10 «Правила охорони праці під час електронно-обчислювальних машин» площа повинна задовольняти умові – не менш 6 $м^2$ на одне робоче місце. Кратність повітрообміну в приміщенні вузла також регламентується ДСанПіН 3.3.2.007 – 98, вона повинна становити 20 $м^3$/год на одне місце. Виконання даних вимог забезпечить підтримку в приміщенні вузла оптимального значення вологості й

складу повітря. Відповідно ДБН В.2.5–28–2006 роботу програміста можна віднести до роботи з малою точністю (найменший розмір об'єкта розрізнення від 1 до 5 мм) V-го розряду зорової роботи, з великою контрастністю об'єкта розрізнення (символів на екрані дисплея), з темним тлом (під розряд зорової роботи В). Приміщення вузла можна віднести до 1-ої групи приміщень, у яких проводиться розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору того, що працює на робочу поверхню. Для такого типу приміщень і розряду зорової роботи нормоване значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) робочої поверхні (при сполученому висвітленні), повинен становити 0,5%, освітленість при штучному висвітленні повинна становити 300 лк.

За результатами виміру освітленості відділом охорони праці величина освітленості від системи загального штучного висвітлення лежить у межах 200-250 лк, що не відповідає вимогам, які пред'являються до приміщення.

Відповідно ДСанПіН 3.3.2.007 – 98 рівні звукового тиску в робочому приміщенні не повинні перевищувати в октавних смугах із середньо геометричними частотами наступних значень, наведених у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Допустимі спектри рівнів звукового тиску

Робоче місце	Рівень звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньогеометричними частотами, Гц								Рівень шуму і еквівалентний рівень шуму, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Приміщення конструкторських бюро, програмістів обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних робіт	71	61	54	49	45	42	40	38	50

У приміщенні перебувають наступні джерела шуму: електродвигуни внутрішнього вентилятора ЕОМ; працюючі принтери; працюючі дисководи. Шум, вироблений вентилятором можна класифікувати як постійний, всі інші джерела шуму, як імпульсні. Відповідно паспорта на приміщення рівень звуку, дБА, обмірюваний за шкалою (А) шумоміра досяг величини 28,3 дБА при роботі всього встаткування вузла, включаючи й ксерокс. Це дозволяє зробити висновок про відповідність рівня звуку в приміщенні вимогам нормативних актів.

Ергономічні вимоги до робочого місця працюючого з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ нормуються НПАОП 0.00 – 1.28 – 10**.** Оптимальне положення тіла того, що працює забезпечується відповідною конструкцією робочого місця, а також регуляцією висоти робочої поверхні, сидіння, простори й підставки для ніг. Даного місця програміста не мають регульованих параметрів. Відмінності реальних параметрів робочого місця від параметрів відповідні вимоги нормативного акту дані в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Відмінності реальних параметрів робочого місця від параметрів відповідні вимоги нормативного акту

Ріст людини, см	Висота робочої поверхні мм,	Висота простору для ніг, мм	Висота робочого сидіння, мм
175	765 (740)	655 (600)	450 (440)

У дужках зазначені реальні значення параметрів робочого місця; всі вони не відповідають параметрам, зазначеним у стандарті.

Параметри мікроклімату можуть мінятися в широких межах, тоді як необхідною умовою життєдіяльності людини є підтримка сталості температури тіла завдяки властивості терморегуляції, тобто здатності організму регулювати віддачу тепла в навколишнє середовище.

У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. У санітарних нормах ДСН 3.3.6.042 – 99 встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови [1]. Ці

норми встановлюються в залежності від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (див. табл. 7.3).

Таблиця 7.3 – Параметри мікроклімату для приміщень, де встановлені комп'ютери

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні Відносна вологість Швидкість руху повітря	22 – 24°С 40 – 60% до 0,1 м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні Відносна вологість Швидкість руху повітря	23 – 25°С 40 ... 60% 0,1 ... 0,2 м/с

7.2 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці

Перерахуємо проведені заходи щодо забезпечення умов праці на робочому місці програміста.

З точки зору забезпечення електробезпеки до цих заходів можна віднести: устаткування розподільних щитів спеціальними розетками з заземлюючими контактами; організація заземлення всіх приладів і пристроїв; періодична перевірка всіх приладів і пристроїв; щорічна здача іспитів з охорони праці. З точки зору забезпечення оптимальних умов мікроклімату, рівня звуку і освітленості до цих заходів можна віднести: організацію природної вентиляції, за допомогою дефлектора, для забезпечення необхідного повітрообміну в приміщенні вузла; організацію системи центрального опалювання, для підтримки оптимальної температури в холодний період року; організацію штучного загального освітлення, для забезпечення необхідних умов зорової роботи, що відповідають, оформлення паспорта на приміщення вузла, з занесенням в нього вимірювань освітленості і рівня звуку, проведених відділом охорони праці.

З точки зору забезпечення пожежної безпеки до цих заходів можна віднести наявність схеми евакуації з приміщення вузла, у випадку пожежі, повішену на вхідні двері.

Аналіз умов праці на робочому місці інженера-програміста показав, що на робочому місці не виконуються вимоги ергономіки. Для виконання їх можна запропонувати заміну не регульованого сидіння на крісло з регульованими ергономічними параметрами, а також заміну використовуваного столу на робоче місце оператора ЕОМ.

Різними фірмами в сукупності розроблено понад 11 схем регулювань параметрів робочого крісла, які забезпечують: плавне переміщення сидіння по висоті за допомогою газової пружини; плавна зміна нахилу спинки і сидіння; регулювання пружинного противотиску спинки крісла на спину оператора; перестановку спинки по висоті; зміна глибини сидіння шляхом зміни вигину краю сидіння; синхронне повторення рухів оператора сидінням і спинкою в правильному кутовому співвідношенні; синхронне повторення спинкою крісла рухів верхньої частини тулуба того, що сидить; амортизацію сидіння [4].

Найбільш популярними моделями комп'ютерних крісел, які володіють чотирма основними регулюваннями (висоти сидіння, висоти, глибини і нахилу спинки), є італійські, фінські моделі «Senior», «Volos», «Ergo», «Toronto», «Bini», «Metro», «NewStar», «Capris», «Fenix», «Xenus», «Quintus» і тому подібні. Крісла такої конструкції, відрегульовані відповідно до зростання і ваги оператора, а також характеру виконуваної роботи, дозволяють знизити навантаження на опорно-руховий апарат людини, що працює за комп'ютером.

7.3 Дослідження інформаційного навантаження на програміста

Програміст, у залежності від підготовки і досвіду, вирішує задачі різної складності, але в загальному випадку робота програміста будується по алгоритму, представленому у таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Загальний алгоритм виконання завдань програмістом

Етап	Зміст	Витрата часу, %
I	Постановка задачі.	6.25
II	Вивчення матеріалу за поставленою задачею	
III	Визначення методу рішення задачі	6.25
IV	Складання алгоритму рішення задачі	12.5
V	Програмування	25
VI	Налагодження програми, складання звіту	50

Даний алгоритм відображає загальні дії програміста при рішенні поставленої задачі незалежно від її складності.

Таблиця 7.5 – Робота програміста

Етап	Член алгоритму	Зміст роботи	Літерне позначення
1	2	3	4
I	1	Одержання першого варіанта технічного завдання	A
	2	Складання і уточнення технічного завдання	Ri
	3	Одержання остаточного варіанта технічного завдання	Сіл
	4	Складання переліку матеріалів, що	HII2
II	5	Вивчення матеріалів по тематиці задачі	Аг
	6	Вибір метолу рішення	C2J3
	7	Уточнення й узгодження обраного методу	B2
III	8	Остаточний вибір методу рішення	СчТ4
	9	Аналіз вхідної і вихідної інформації	B2
	10	Вибір мови програмування	C4TS
	11	Визначення структури програми	H3C5q
IV	12	Складання блок-схеми програми	C6q2
V	13	Логічний аналіз програми і коректування її	F1H4W2
	14	Компіляція програми	F2

Продовження таблиці 7.5

	2	3	4
	15	Виправлення помилок	D1
I	16	Редагування програми	F2
	17	Виконання програми	F3
	18	Аналіз результатів виконання	H6
	19	Тестування	C7
	20	Підготовка звіту про роботу	F4

Підрахуємо кількість членів алгоритму і їхню частоту (імовірність) щодо загального числа, прийнятого за одиницю. Імовірність повторення і-ої ситуації визначається по формулі:

$$P_i = k/n,$$

де k – кількість повторень кожного елемента одного типу, n – сумарна кількість повторень від джерела інформації, одного типу.

Результати розрахунку зведемо в таблицю:

Таблиця 7.6

Джерело	Члени алгоритму	Символ	Кількість	Частота повторень
1	2	3	4	5
1	Аферентні – усього		6	1,00
	Вивчення технічної	A	2	0,33
	Спостереження	P	4	0,67
2	Еферентні – усього		18	1,00
	Уточнення	B	3	0,17
	Вибір найкращого	C	8	0,44
	Виправлення	0	1	0.06
	Аналіз отриманих	н	6	0,33
	Виконання	к	0	0
3	Логічні умови		13	1,00

Продовження таблиці 7.6

1	2	3	4	5
	Прийняття рішень на основі	I	5	0,39
	Графічні	Ч	2	0.15
	Отриманого	V	6	0.46
	Усього:		37	

Кількісні характеристики (Табл. 7.6) дозволяють розрахувати інформаційне навантаження програміста [8]. Ентропія інформації елементів кожного джерела інформації розраховується по формулі, біт/сигн:

$$H_j = -\sum_{i=1}^{m} p_i \log_2 p_i \quad \text{біт/сигн}$$

де m – число однотипних членів алгоритму розглянутого джерела інформації.

$$H_1 = 2 \times 2 + 2 \times 4 = 12 \text{ біт/сигн},$$

$$H_2 = 3 \times 1{,}585 + 8 \times 3 + 0 + 6 \times 2{,}585 = 44{,}265 \text{ біт/сигн},$$

$$H_3 = 5 \times 2{,}323 + 2 \times 1 + 6 + 2{,}585 = 29{,}125 \text{ біт/сигн}.$$

Потім визначається загальна ентропія інформації, біт/сигн:

$$H_s = H_1 + H_2 + H_3,$$

де H_I, H_2, H_3 – ентропія аферентних, еферентних елементів і логічних умов відповідно.

$$H_s = 10 + 44{,}265 + 29{,}125 = 83{,}39.$$

Далі визначається потік інформаційного навантаження біт/хв,

$$\Phi = \frac{H \cdot N}{t}$$

де

N – сумарне число всіх членів алгоритму;

t – тривалість виконання всієї роботи, хв.

Від кожного джерела в інформації (члена алгоритму) у середньому надходить 3 інформаційних сигнали в годину, час роботи – 225 годин,

$$\Phi = \frac{83{,}39 \cdot 37 \cdot 3 \cdot 225}{13500} = 2{,}6 \text{ біт/хв},$$

Розраховане інформаційне навантаження порівнюється з припустимою. При необхідності приймається рішення про зміни в трудовому процесі.

Умови нормальної роботи виконуються при дотриманні співвідношення:

$$Ф_{дод.мін} < Ф_{розр} < Ф_{дод.макс}$$

де

$Ф_{дод.мін}$, і $Ф_{дод.макс}$ мінімальний і максимальний припустимі рівні інформаційних навантажень (0,8 і 3,2 біт/с відповідно);

$Ф_{розр}$ – розрахункове інформаційне навантаження 0,8 < 2,6 <3,2 відповідає нормі.

7.4 Висновки до розділу

У цій частині дипломної проекту були розглянуті вплив факторів трудового і виробничого середовища програмістів, дослідження інформаційного навантаження на програміста. Дотримання умов, що визначають оптимальну організацію робочого місця програміста і навантаження, отримані ним в процесі роботи, дозволить зберегти гарну працездатність протягом усього робочого дня, підвищить, як у кількісному, так і в якісному відносинах продуктивність праці програміста.

8 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, призначено для системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

– Був проведений огляд існуючих систем інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

– Досліджена система інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

– На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей.

Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні Основні характеристики:; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створені програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Python. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Невідомий О.М. Дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального аналізу та оптимізації кабельної інфраструктури на основі графових моделей // Збірник праць молодих науковців ЦНТУ. – Вип. 17. – Кропивницький: ЦНТУ, 2027.

2. Russ White & Ethan Banks «Computer Networking Problems and Solutions: An Innovative Approach to Building Resilient, Modern Networks». 2017. – 832 p.

3. Vintenko, B., Myronets, I., Smirnov, O., Smirnova, T. «Enhancing the Reliability of Input Data for Nuclear Power Plant Operator Support Systems». *International Conference on Sensors, Devices and Systems. SDaS 2025. Lecture Notes in Electrical Engineering,* 2026. vol 1617. pp 3-12.

4. Kuznetsov O., Frontoni E., Kuznetsova Y., Chevardin V., Smirnov O. «Architectural foundations for adaptive security in edge computing systems». *Cybersecurity Defensive Walls in Edge Computing,* 2025. pp. 21-61.

5. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kuznetsova, K., Arnesano, M., Smirnov, O. «A secure biometric authentication architecture for blockchain-driven cyber-physical systems». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 193–224.

6. Kuznetsov, O., Smirnov, O., Kuznetsova, T., Shaikhanova, A., Svatowsky, I. «Privacy-utility trade-offs in IoT networks: A comparative analysis of differential privacy mechanisms for sensor data aggregation». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 589–622.

7. Kuznetsov, O., Atzeni, G., Arnesano, M., Randieri, C., Smirnov, O. «Secure IoT-based smart wheelchair system: From implementation to security enhancement strategy». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 225–257.

8. Богаченко, С., Смірнов, О., Буравченко, К., Смірнова, Т., Конопліцька-Слободенюк, О., Якименко, Н., Смірнов, С. «Обмеження ресурсів мобільних та edge-платформ при розробці програмного забезпечення для реалізації та оптимізації моделей машинного навчання». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 2026, т. 2 № 34, С. 677-686.

9. Вінтенко Б.Ю., Смірнова Т.В., Миронець І.В., Смірнов О.А., Буравченко К.О. «Метод оцінки функціональної стійкості комп'ютерно-орієнтованих процедур системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2026, вип. 2(84), С. 62-69.

10. Смірнова Т.В., Усік П.С., Лисенко І.А., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Методологія підтримки технологічних процесів у критичній інфраструктурі з забезпеченням безпеки інформації на основі хмарних технологій». *Безпека інформації.* 2025. Том 31 № 1. С. 49-60.

11. Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Добринчук О.А., Смірнов С.А., Якименко Н.М., Смірнов О.А. «Хмарна технологія моніторингу ключових індикаторів ефективності технологічних процесів у критичній інфраструктурі». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2025. № 12(43), ч. II. С. 36-54.

12. Вінтенко, Б.Ю., Миронець, І.В., Смірнов, О.А., Коваленко, О.В., Усік, П.С., Буравченко, К.О., Лисенко, І.А. «Логіко-структурна модель комп'ютерно-орієнтованої процедури системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 2 № 30. С. 413-427.

13. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В., Коваленко О.В., Мацуй А.М. «Модель шляхів отримання вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2025. Вип. 11(42), ч. II. С.52-62.

14. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Коваленко, А., Конопліцька-

Слободенюк, О., Смірнова, Т., Константинова, Л. «Дослідження застосування систем підтримки оперативного персоналу об’єкту критичної інфраструктури при керуванні енергоблоком АЕС з реактором типу ВВЕР-1000». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»,* 2024. № 2(26), С. 6-26.

15. Ткаченко, О., Ільєнко, А., Улічев, О., Мелешко, Є., Смірнов, О. «Правові засади поширення інформаційних впливів в соціальних мережах». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»,* 2024. № 2(26), С. 170–188.

16. Вінтенко Б.Ю., Миронець І.В., Смірнов О.А. Коваленко О.В., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Дослідження інформаційного забезпечення та технологічних регламентів процесів керування критичною інфраструктурою енергоблоку АЕС з реактором типу ВВЕР-1000». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка».* 2024. № 1(25), С. 253–278.

17. Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Конопліцька-Слободенюк О.К., Козлов Я.О., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження сучасного стану SIEM-систем». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка».* 2024. № 1(25), С. 6-18.

18. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Drieiev, O., Smirnov, O., Dorenskyi, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.

19. Смірнова Т.В., Конопліцька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка.* 2024. №4(24), С. 6-27.

20. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології,* 2024, № 13, с. 28-35.

21. Kuznetsov, O., Kryvinska, N., Ilchenko, O., Smirnova, T., Ulianovska, Y. «Comparative Analysis of Cryptocurrency Trading Platforms Using the Analytic Hierarchy Process». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 106-115.

22. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.

23. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchev, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings,* Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

24. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.

25. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи,* 2023, том 7, № 2, С. 49-56.

26. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». CEUR Workshop Proceedings Volume 3156, 2022, Pages 390-399.

27. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління,* № 2(70). 2022. С. 28-37.

28. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного

захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку,* 2022, № 3(69). С. 93-98.

29. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»,* № 2 (307). С. 46-52. 2022.

30. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 1(67). С. 84-89.

31. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.

32. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

33. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.

34. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT),* Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

35. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In:

Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

36. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 125-136.

37. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 366-379.

38. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2608, 2020, Pages 633-645.

39. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaicenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». *International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019*; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.

40. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». International Journal of Computing; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.

41. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T),* Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.

42. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T),* Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.

43. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings*, Vol 2588, P. 90-106, 2019.

44. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019*/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.

45. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.

46. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.

47. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2353, *CEUR Workshop Proceedings* 2019, Pages 618-629.

48. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering*. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

49. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95

50. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у

комп’ютерних системах операторів стільникового зв’язку» *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки.* №4. С. 103-110. 2020.

51. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. № 3(7). С. 43-62. 2020.

52. Смірнов О.А., Конопліцька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп’ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.

53. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5g» у *Кібербезпека та інформаційні технології: монографія.* – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.

54. Смірнов О.А., Дрєєва Г.М., Дрєєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* № 2(33). с. 161-172, 2019.

55. Смірнов О.А., Конопліцька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп’ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.