ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА МОБІЛЬНИХ ТА ВІДЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Використання штучного інтелекту для аналізу джерел радіовипромінення»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності *172 - Електронні комунікації та радіотехніка*
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми *Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення*
(назва)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис) *Ярослав ІВАСЕНКО*
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувач(ка) вищої освіти гр. АРДМ-61
Ярослав ІВАСЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник: Володимир ПАРХОМЕНКО
науковий ступінь, вчене звання *доцент кафедри кандидат технічних наук*
Рецензент: В. Васильєнко
науковий ступінь, вчене звання Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2024

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Телекомунікацій

Кафедра МОБІЛЬНИХ ТА ВІДЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою Мобільних та відеоінформаційних технологій
_____ Наталія РУДЕНКО
«____»_____20____ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Івасенко Ярослав Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Використання штучного інтелекту для аналізу джерел радіовипромінення

керівник кваліфікаційної роботи *Володимир ПАРХОМЕНКО, с.н.с., кандидат технічних наук*
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «___»_____20__ р. № ____

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «___»_____20___р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Аналіз радіочастот, штучний інтелект, машинне навчання, аналіз спектральних характеристик.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз телекомунікаційних систем із використанням штучного інтелекту. 2. Розробка методики аналізу телекомунікаційної системи за допомогою штучного інтелекту. 3. Проектування імітаційної моделі телекомунікаційної системи та її аналіз засобами штучного інтелекту.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання «___»_____20___ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури		
2	Вступ		
3	Перший розділ		
4	Другий розділ		
5	Третій розділ		
6	Вступ, висновки, реферат		
7	Розробка обов'язкових демонстраційних матеріалів		
8	Попередній захист роботи		

Здобувач(ка) вищої освіти _____ *Ярослав ІВАСЕНКО*

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *Володимир ПАРХОМЕНКО*

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Телекомунікацій

ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістра

Направляється здобувач(ка) *Івасенко Я.Ю.* до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)
за спеціальністю *172 Електронні комунікації та радіотехніка*
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми *Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення*
(назва)
на тему: «Використання штучного інтелекту для аналізу джерел радіовипромінення».

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІ _____ *Владислав КРАВЧЕНКО*
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач(ка) Івасенко Я.Ю. завдання на кваліфікаційну роботу виконав вчасно та в повному обсязі, ґрунтовно дослідив тему магістерської роботи, вніс слушні пропозиції по покращенню існуючих методів та засобів вирішення проблем, що постають в цій галузі.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача(ки) Івасенко Я.Ю. на оцінку «**відмінно**» та присвоїти йому(їй) кваліфікацію_____.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *Володимир ПАРХОМЕНКО*
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

«____»_____20___року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач(ка) Івасенко Я.Ю. допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедрою мобільних та відеоінформаційних технологій _____ *Наталія РУДЕНКО*
(назва) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

на кваліфікаційну магістерську роботу

здобувача(ки) вищої освіти *Івасенко Ярослав Юрійович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему «Використання штучного інтелекту для аналізу джерел радіовипромінення»

Актуальність.

Беззаперечно, що дана тема є надзвичайно актуальною та значущою, результати проведених досліджень в перспективі можуть бути використані в сучасних технічних пристроях та наукових дослідженнях

Позитивні сторони.

1. Ґрунтовність та детальність проведеного дослідження.
2. Внесення раціональних пропозицій по покращенню існуючих технологій.
3. Підтвердження внесених пропозицій експериментальним шляхом.

Недоліки.

1. Не було розглянуто вирішення проблем в інших наукових галузях.
2. Під час виконання роботи використовувалось мало іноземних джерел.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної магістерської роботи.

Висновок: *кваліфікаційна магістерська робота заслуговує оцінку "відмінно", а здобувач(ка) Івасенко Ярослав Юрійович заслуговує присвоєння кваліфікації:* _____

Рецензент: к.т.н., доцент _____ В. Васильєв

науковий ступінь, вчене звання *підпис* *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

РЕФЕРАТ

Текстова частина пояснювальної записки містить 88 сторінок., 13 рисунків., 11 джерел

Об'єктом дослідження даної кваліфікаційної магістерської роботи є система передачі інформації з джерелом радіовипромінювання. У роботі проведено аналіз та оцінку радіочастотного спектра, визначення параметрів та характеристик джерел радіовипромінення. Використання штучного інтелекту спрямоване на автоматизацію процесу обробки та аналізу великого обсягу даних, що дозволяє ефективно виявляти, класифікувати та вивчати різноманітні джерела радіовипромінення.

Предметом дослідження є комплексний аналіз та оптимізація процесів виявлення, ідентифікації та характеризації джерел радіовипромінення за допомогою методів штучного інтелекту. В роботі досліджується використання алгоритмів машинного навчання та інших методів штучного інтелекту для автоматизованого оброблення великого обсягу даних, отриманих від різноманітних датчиків та приладів, які реєструють радіочастотне випромінювання.

Метою роботи є комплексний аналіз та оптимізація процесів виявлення, ідентифікації та характеризації джерел радіовипромінення за допомогою методів штучного інтелекту. В роботі досліджується використання алгоритмів машинного навчання та інших методів штучного інтелекту для автоматизованого оброблення великого обсягу даних, отриманих від різноманітних датчиків та приладів, які реєструють радіочастотне випромінювання.

Важливим завданням на фінальному етапі виконання роботи є переведення результатів дослідження в практичні рекомендації та розробка інструкцій для подальшого провадження отриманих рекомендацій та вдосконалення систем моніторингу та управління радіочастотним випромінюванням бездротових систем передачі інформації в різних сценаріях використання, таких як безпека, телекомунікації, або наукові дослідження.

Алгоритми машинного навчання використовуються для розпізнавання та класифікації різних джерел радіовипромінення. Вони дозволяють ефективно визначати типи сигналів та призначення джерел, а також розпізнавати аномалії чи перешкоди. Штучний інтелект допомагає в прогнозуванні та аналізі спектральних характеристик радіосигналу. Моделі машинного навчання можуть прогнозувати виникнення перешкод або незвичайних патернів у спектрі розповсюдження радіочастот.

Використання алгоритмів машинного навчання також спрямоване на оптимізацію та автоматизацію систем моніторингу. Автоматизовані системи здатні самостійно виявляти аномалії та оптимізувати параметри моніторингу. Застосування машинного навчання дозволяє підвищити точність виявлення та ідентифікації джерел радіовипромінення. Використання навчання з підкріпленням дозволяє системам постійно вдосконалювати свою точність на основі нових даних та досвіду.

Ця кваліфікаційна робота вирішує ключові проблеми управління радіочастотним середовищем в умовах постійного зростання кількості бездротових технологій. Застосування алгоритмів машинного навчання, зокрема штучного інтелекту, дозволяє автоматизувати процеси аналізу та класифікації різних джерел радіовипромінення. Це відкриває можливості для прогнозування та управління ризиками в бездротових мережах, а також оптимізації їхньої роботи у майбутньому.

Робота важлива через свій інноваційний підхід до вирішення актуальних завдань та застосування передових технологій для покращення ефективності та безпеки телекомунікаційних систем. Вона розглядає не лише технічні аспекти, а й можливість розширення досліджень у галузі управління радіочастотами та їхнього впливу на навколишнє середовище.

Особливу увагу слід звернути на те, що результати цієї роботи можуть бути використані не лише в телекомунікаціях, але й у різних галузях, таких як

медицина, безпека та інші, де використання радіочастот визначає ключовий аспект розвитку сучасних технологій.

Актуальність даної магістерської роботи визначається широким спектром сучасних викликів і тенденцій у галузі телекомунікацій та управління радіочастотним спектром. У сучасному світі бездротові технології невпинно розвиваються, що призводить до постійного зростання обсягу використання бездротового зв'язку. З цього випливає необхідність ефективного управління цим ресурсом та вирішенням проблем, пов'язаних із забрудненням та перенасиченістю спектра.

Магістерська робота має актуальний характер у зв'язку із стрімким розвитком штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання. Використання цих технологій управлінням радіочастотним спектром може сприяти автоматизації та покращенню ефективності процесів аналізу та моніторингу. Крім того, вирішення завдань, пов'язаних із розпізнаванням та класифікацією джерел радіовипромінення, має важливе значення для забезпечення безпеки та надійності бездротових комунікаційних систем.

Отже, тема магістерської роботи відповідає актуальним потребам галузі та вносить вагомий внесок у вирішення сучасних викликів, пов'язаних із зростанням використання бездротових технологій та ефективним управлінням радіочастотним спектром. Висновуючи з вищезазначеного, актуальність та важливість даної магістерської роботи виявляються в контексті швидкого розвитку телекомунікацій та зростання використання радіочастотного спектру. Штучний інтелект та алгоритми машинного навчання стають необхідними інструментами для ефективного управління цим ресурсом та вирішення виникаючих в процесі роботи проблем.

Розробка методів аналізу та класифікації джерел радіовипромінення відкриває нові можливості для оптимізації використання бездротових мереж, забезпечення їхньої ефективності та безпеки. Подальший розвиток цих методів може значним чином вплинути на різні галузі, включаючи телекомунікації,

медицину, безпеку та інші. У контексті сучасних викликів та зростаючого впливу бездротових технологій, робота виявляється ключовою для розуміння та управління радіочастотним спектром, що визначає успіх сучасних телекомунікацій в умовах зростаючих вимог до існуючих бездротових технологій передачі інформації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АНАЛІЗ РАДІОЧАСТОТ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, АНАЛІЗ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК.

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work:

88 pages,13pictures,11sources.

The purpose of the work is comprehensive analysis and optimization of processes for detection, identification, and characterization of radio emission sources using artificial intelligence methods. The work explores the use of machine learning algorithms and other artificial intelligence methods for automated processing of large volumes of data obtained from various sensors and devices that register radiofrequency emissions.

Object of research is an information transmission system with a radio emission source. The paper analyzes and assesses the radiofrequency spectrum, determines the parameters and characteristics of radio emission sources. The use of artificial intelligence is aimed at automating the process of processing and analyzing a large volume of data, allowing for the effective detection, classification, and study of various sources of radio emission.

Subject of research is the comprehensive analysis and optimization of processes for detecting, identifying, and characterizing sources of radio emission using artificial intelligence methods. The paper explores the use of machine learning algorithms and other artificial intelligence methods for the automated processing of a large volume of data obtained from various sensors and devices that register radiofrequency and other emissions.

Therefore, the topic of the master's thesis aligns with the current needs of the field and makes a significant contribution to addressing modern challenges associated with the increasing use of wireless technologies and efficient management of the radio frequency spectrum. Based on the above, the relevance and importance of this master's thesis are evident in the context of the rapid development of telecommunications and the growing utilization of the radio frequency spectrum. Artificial intelligence and

machine learning algorithms become essential tools for effective management of this resource and addressing emerging issues during operation.

Summary of the work: the development of methods for the analysis and classification of sources of radio emissions opens up new possibilities for optimizing the use of wireless networks, ensuring their efficiency and security. Further development of these methods can significantly impact various industries, including telecommunications, medicine, security, and others. In the context of contemporary challenges and the increasing impact of wireless technologies, the work becomes crucial for understanding and managing the radiofrequency spectrum, defining the success of modern telecommunications in the face of growing demands on existing wireless information transmission technologies.

KEYWORDS: ANALYSIS OF RADIO FREQUENCIES, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MACHINE LEARNING, ANALYSIS OF SPECTRAL CHARACTERISTICS.

ЗМІСТ

ВСТУП.....9
1. АНАЛІЗ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....15
1.1. Розповсюджені телекомунікаційні системи та перспективні напрямки їх аналізу.....16
1.2. Структура сучасних телекомунікаційних систем бездротової передачі даних 21
1.3. Використанні штучного інтелекту для аналізу показників телекомунікаційних систем 28
1.4. Розробка систем штучного інтелекту та їх застосування в аналітиці систем передачі інформації.....31
2. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ АНАЛІЗУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....37
2.1. Визначення перспективних напрямків для покращення роботи телекомунікаційних систем.....39
2.2. Розробка змін до архітектури телекомунікаційної системи за допомогою штучного інтелекту.....42
2.3. Вибір технічних рішень та обґрунтування їх ефективності.....44
3. ПРОЕКТУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТА ЇЇ АНАЛІЗ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....55
3.1. Теоретичне обгрунтування імітаційної моделі.....57
3.2. Практичне застосування імітаційної моделі.....59
3.3. Створення імітаційної моделі в MatLab.....62
ВИСНОВКИ.....79
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....81
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....83

ВСТУП

В сучасному світі телекомунікації визначають стандарти життя, забезпечуючи безперервний потік інформації та забезпечуючи глобальний доступ до найновіших технологій. Зростання обсягів передачі інформації за допомогою бездротового зв'язку, як основного засобу передачі даних, зумовило необхідність ефективного управління радіочастотним спектром та оптимізації роботи бездротових телекомунікаційних мереж.

Кваліфікаційна магістерська робота присвячена вивченню та вирішенню важливих завдань управління радіочастотним середовищем, зокрема аналізу та класифікації джерел радіовипромінення. Використовуючи передові можливості штучного інтелекту та алгоритми машинного навчання, робота ставить за мету автоматизацію процесів моніторингу та аналізу радіочастотного спектра для покращення ефективності та безпеки телекомунікаційних систем бездротової передачі інформації.

Машинне навчання (ML), і особливо Глибоке навчання (DL), пропонується як ефективний спосіб підтримки користувацьких застосунків з високим рівнем складності в середовищах, оскільки моделі ML/DL можуть полегшувати обчислювальне навантаження, пов'язане з розгортанням мереж. У цій статті ми розглядаємо спільну задачу розташування та вибору вузла-ретранслятора (RN) за умов обмежень на виділення підносника та управління енергією в мережах 5G/B5G.[1]

Алгоритми машинного навчання (МН) пропонуються як ефективний інструмент для вирішення цих аспектів, завдяки їхній здатності використовувати дані, що генеруються самою мережею, для покращення її ефективності та продуктивності. [2]

Важливі аспекти, які надають їй високий ступінь релевантності та значущості:

- Актуальність теми - зростання об'ємів бездротового зв'язку та поширення технологій 5G викликають нові виклики управління радіочастотним спектром.

- Необхідність оптимізації використання радіочастот - спектр радіочастот стає обмеженим ресурсом, і важливо оптимізувати його використання для покращення продуктивності та якості обслуговування.
- Використання штучного інтелекту в телекомунікаціях - розвиток методів штучного інтелекту створює можливості для розробки нових підходів до управління та аналізу радіочастотного спектра.
- Проблема ідентифікації джерел перешкод - ефективне виявлення та класифікація джерел радіовипромінення є важливим завданням для забезпечення надійності та безпеки бездротових комунікацій.
- Практична користь для телекомунікаційних інфраструктур - впровадження розроблених методик може покращити роботу телекомунікаційних мереж, знизити витрати та підвищити загальну ефективність інфраструктури бездротової передачі інформації.

Ці аспекти формують основу для подальшого вивчення та дослідження у межах цієї роботи, а їх розв'язання може мати велике практичне значення для розвитку бездротових телекомунікацій.

Запропоновані у роботі методи та підходи можуть мати значущий вплив на розвиток телекомунікаційного сектору, підвищуючи рівень управління радіочастотами, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів та покращуючи якість обслуговування в бездротових мережах. Робота ставить перед собою завдання висвітлити перспективи та важливість застосування аналізу радіочастот з використанням інтелектуальних технологій для вирішення сучасних викликів у сфері телекомунікацій.

Актуальність даної магістерської роботи необхідно розглядати в контексті стрімкого технологічного прогресу у галузі телекомунікацій. Зростання кількості підключених пристроїв, розширення бездротового зв'язку та впровадження нових технологій, таких як Інтернет речей (IoT), створюють величезний обсяг даних, які передаються через радіочастотний спектр, іноді перевантажуючи доступні для передачі потужності.

Інтернет речей (IoT) — це досить революційна технологія з непередбачуваним зростанням, впливом та потенціалом. [3] Запропонована система впроваджує систему на основі Інтернету речей (IoT), яка автоматично категоризує нейроні мережі, веде запис щодо їхньої успішності, завдань, історії подання та інше.[4]

Цей технологічний бум призводить до інтенсивного використання радіочастот та стає джерелом численних викликів управлінням цим спектром. Актуальність роботи посилюється із зростанням потреб у ефективному використанні радіочастот для забезпечення стійкої та надійної роботи бездротових мереж, зменшення перешкод та оптимізації ресурсів, збільшення вірогідності якісної передачі інформації.

Більш того, із стрімким розвитком Інтернету речей та розширенням застосувань бездротового зв'язку в різних галузях, включаючи медицину, транспорт, промисловість, безпеку та інші, важливість ефективного управління радіочастотами стає критичною для забезпечення сталого та інноваційного розвитку сучасних телекомунікацій і інноваційних систем бездротової передачі інформації.

Мета кваліфікаційної магістерської роботи полягає в розробці та вдосконаленні методів аналізу та управління радіочастотним спектром для оптимізації роботи бездротових телекомунікаційних систем. Зокрема, робота спрямована на вивчення можливостей використання штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання для автоматизації процесів моніторингу та аналізу радіочастотного спектра.

Метою є створення ефективних та надійних методів виявлення та класифікації джерел радіовипромінення, що дозволить не лише забезпечити оптимальне використання радіочастотного ресурсу, а й забезпечити безпеку та стійкість телекомунікаційних систем. Важливою задачею є внесок у розвиток та удосконалення сучасних технологій телекомунікацій, забезпечуючи тим самим

зручне та надійне функціонування бездротових мереж у сучасному інформаційному середовищі.

Дана робота представляє собою комплексний підхід до розв'язання актуальних завдань управління та аналізу радіочастотного спектра в контексті сучасних телекомунікацій. В рамках дослідження детально вивчаються та розробляються методи та алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання з метою покращення ефективності та безпеки бездротових мереж передачі інформації.

Робота включає в себе аналіз сучасного стану телекомунікаційного сектору та визначення проблем, пов'язаних із неефективним використанням радіочастот, ідентифікацією джерел радіовипромінення та вирішенням завдань управління радіочастотним середовищем. Методи та техніки, запропоновані у кваліфікаційній роботі, направлені на вдосконалення систем моніторингу та управління радіочастотним спектром для забезпечення оптимального функціонування та використання бездротових телекомунікаційних систем у сучасному інформаційному суспільстві.

Ця магістерська робота спрямована на досягнення кількох ключових цілей, що мають велике значення для розвитку телекомунікаційних технологій та покращення управління радіочастотним середовищем. Перш за все, вона сприятиме покращенню ефективності використання радіочастот, що важливо для оптимальної роботи бездротових мереж у сучасному переповненому ефірі. Дослідження та розробка нових методів аналізу та класифікації джерел радіовипромінення з використанням штучного інтелекту дозволять покращити моніторинг радіочастотного спектра та швидко виявляти можливі перешкоди чи невизначеності в ефірі. В першій ітерації відбувається оптимізація пропорційного коефіцієнту, в другій – інтегрального, в третій – диференційного. [5] Це важливо для забезпечення сталої та безперебійної роботи бездротових систем передачі інформації.

Крім того, розроблені у цій роботі методи будуть мати практичне застосування в області управління радіочастотними ресурсами, забезпечуючи оптимальне використання доступного спектру та підвищуючи продуктивність та надійність бездротових телекомунікаційних систем. Таким чином, ця робота має великий потенціал для покращення якості та ефективності бездротового зв'язку, а також внесе вагомий внесок у сучасний ландшафт телекомунікаційних технологій, забезпечуючи оптимальне та стабільне функціонування бездротових мереж у високотехнологічному середовищі.

Практична цінність цієї магістерської роботи полягає в низці ключових аспектів, спрямованих на поліпшення та вдосконалення реальних аспектів управління та ефективного використання радіочастот у бездротових мережах. По-перше, розроблені методи аналізу та класифікації джерел радіовипромінення відкривають нові можливості для моніторингу та ідентифікації джерел перешкод, що дозволяє забезпечити надійність та стабільність бездротових комунікацій у реальному часі.

По-друге, такі системи, не дивлячись на відсутність надмірного убезпечення, яке може значно збільшити їх об'єм та рівень споживання електроенергії, все одно лишаються достатньо надійними для повсякденного користувача [6]

Далі, розроблені алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту мають практичне застосування у сучасних системах управління радіочастотами, допомагаючи автоматизувати процеси виявлення та аналізу радіочастотного спектра. Це не тільки підвищує ефективність використання ресурсів, але й дозволяє операторам мереж більш ефективно реагувати на зміни в оточуючому середовищі.

Крім того, використання результатів дослідження у практичних застосуваннях телекомунікацій може виявитися корисним у сферах, де надто насичений ефір може призводити до конфліктів та зниження якості зв'язку. Таким чином, дана робота може сприяти покращенню управління бездротовими

ресурсами та забезпечити більш ефективне використання радіочастотного спектра в реальних умовах експлуатації. [7]

Втілення запропонованих методик, які розглядаються в цій магістерській роботі, має великий потенціал для значного покращення функціонування та управління бездротовими телекомунікаційними системами. Перш за все, вони дозволять оптимізувати використання радіочастотного спектра, що є критично важливим аспектом у сучасних умовах переповненого ефіру та обмежених можливостях доступних частот.

Реалізація нових методів аналізу та класифікації джерел радіовипромінення за допомогою штучного інтелекту сприятиме не тільки вдосконаленню моніторингу бездротового спектра, але й забезпечить більш точне визначення джерел перешкод та їх характеристик. Це важливо для оперативного реагування на потенційні конфлікти та забезпечення стабільності та надійності мережі бездротової передачі інформації.

Крім того, впровадження алгоритмів машинного навчання та інтелектуальних систем управління може полегшити роботу операторів мереж та підвищити швидкість виявлення та вирішення проблем у радіочастотному спектрі. Це, в свою чергу, допоможе забезпечити кращу якість обслуговування для кінцевих користувачів та оптимізувати роботу телекомунікаційних інфраструктур в цілому.

1. АНАЛІЗ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Цей розділ має на меті глибше розглядання та оцінку телекомунікаційних систем з використанням сучасних методів штучного інтелекту (ШІ). Цей аналітичний розділ є ключовим для розуміння того, як технології ШІ можуть впливати на функціонування та розвиток телекомунікацій, а також як їх можна використовувати для розв'язання конкретних завдань та покращення ефективності систем бездротової передачі інформації. Головні аспекти цього розділу включають:

- Огляд телекомунікаційних систем - проведення детального огляду сучасних телекомунікаційних систем, зокрема їх архітектури, компонентів та основних функцій.
- Вплив Штучного Інтелекту на телекомунікації - розгляд конкретних застосувань ШІ у телекомунікаціях та їх вплив на підвищення продуктивності та розширення можливостей систем.
- Аналіз викликів та переваг - визначення труднощів та переваг використання ШІ в телекомунікаційних системах, зокрема щодо оптимізації мереж, прогнозування аномалій, підвищення безпеки передачі інформації та надійності системи тощо.
- Перспективи розвитку - аналіз перспектив впровадження нових технологій ШІ у майбутніх телекомунікаційних системах та їх потенційних внесків у галузь.

Це дослідження включає в себе розробку та застосування алгоритмів машинного навчання, зокрема глибокого навчання, для автоматизованого визначення та характеризації джерел радіовипромінювання. Основна мета цього розділу полягає в розумінні та оптимізації використання радіочастотного спектра через вдосконалення процесу ідентифікації та аналізу джерел

радіовипромінювання. Штучний інтелект в цьому контексті може виявитися ключовим інструментом для автоматизації виявлення і класифікації різних типів сигналів, а також для вирішення завдань управління та оптимізації радіочастотного середовища.

Дослідження такої теми може мати практичний вплив на сучасні технології зв'язку, безпеки та моніторингу електромагнітного спектра, сприяючи розвитку більш ефективних та екологічно безпечних засобів використання радіочастот. Розділ допомагає зрозуміти, як технології штучного інтелекту можуть стати ключовим інструментом для аналізу, вдосконалення та оптимізації телекомунікаційних систем, а також виявляє можливості для подальших досліджень у цій області.

1.1 Розповсюджені телекомунікаційні системи та перспективні напрямки їх аналізу

Потреба в ефективному та надійному зв'язку стала визначальною для розвитку телекомунікацій. В даний час основними і найбільш розповсюдженими системами бездротової передачі інформації, які визначають сучасний стандарт зв'язку, є:

- 4G LTE (Long-Term Evolution): Стандарт мобільного зв'язку, який забезпечує високу швидкість передачі даних і покриття майже всюди. Широко використовується для стандартів мобільного Інтернету та мобільних комунікацій.
- Wi-Fi (Wireless Fidelity): Бездротовий стандарт для локальної мережі, що дозволяє підключати пристрої до інтернету та обмінюватися даними без дротів.
- Bluetooth: Стандарт короткого діапазону для з'єднання різноманітних пристроїв, такий як навушники, клавіатури та інші гаджети, які знаходяться поруч.

- NFC (Near Field Communication): Технологія короткого діапазону для обміну даними між пристроями на невеликій відстані, але на значній швидкості і надійності. Також сюди входять радіомаяки, RFIDпозначки далекого радіуса дії тощо [8]
- Satellite Communication Systems: Супутникові системи забезпечують глобальне покриття та використовуються для телекомунікацій, радіомовлення та навігації.

Кожна з цих систем має свої унікальні характеристики та застосування, і їхні огляди дозволяють краще розуміти ландшафт телекомунікацій та визначити перспективні напрямки подальших досліджень.

Сучасні телекомунікаційні системи є важливою частиною нашого сучасного життя, і їх популярність визначається численними перевагами. По-перше, вони забезпечують ефективний та швидкий обмін інформацією. Висока швидкість передачі даних дозволяє користувачам обмінюватися інформацією в режимі реального часу, що робить телекомунікаційні системи важливим інструментом для комунікації та обміну даними.

Другий аспект - глобальний доступ. Телекомунікаційні мережі дозволяють взаємодіяти та обмінюватися інформацією між користувачами навіть на великій відстані. Це робить їх важливими для особистих і професійних потреб, дозволяючи легко з'єднуватися з рідними та колегами навіть за кордоном в режимі реального часу.

Захист та безпека є третьою ключовою перевагою. Сучасні телекомунікаційні системи використовують різноманітні методи шифрування та захисту даних, що робить їх надійними та забезпечує конфіденційність особистої інформації.

Мобільність є ще однією важливою характеристикою. Інфраструктура мобільного зв'язку дозволяє користувачам отримувати доступ до послуг телекомунікацій навіть в рухомому стані, що підвищує рівень комфорту та доступності.

Широкий функціонал телекомунікацій дозволяє використовувати різні сервіси, такі як відеозв'язок, голосовий дзвінок, обмін повідомленнями, що робить їх більш варіативними та адаптованими до різних потреб користувачів. Інноваційні технології, такі як 5G, додають ще більше можливостей, забезпечуючи високу швидкість передачі даних та зменшуючи затримки, що важливо для майбутнього розвитку телекомунікацій та технологій бездротового зв'язку.

Узагальнюючи, найрозповсюдженіші сучасні телекомунікаційні системи доводять важливість цих технологій в сучасному світі своєю швидкістю, глобальним доступом, безпекою, мобільністю, різноманітністю функцій та інноваційним розвитком.

Ці телекомунікаційні системи, хоча і досить ефективні, все ж можуть мати слабкі місця, які можуть бути піддані аналізу та подальшому покращенню. Для подолання цих слабких місць і пропонується використати потужності штучного інтелекту. Для цього необхідно спочатку провести аналіз існуючих слабких сторін і існування можливості внесення змін до технологій для подолання цих аспектів та покращення результату. Ось деякі з найбільш важливих аспектів, які варто розглядати:

- Пропускна здатність: незважаючи на великий обсяг передачі даних у 4G та 5G, навантаження на мережу може призводити до обмежень в пропускній здатності, особливо в густонаселених областях або під час подій масового складу.
- Затримки в передачі даних: Деякі системи можуть стикатися з затримками в передачі даних, особливо в режимі реального часу. Це може впливати на якість голосового та відеозв'язку.
- Безпека та конфіденційність: Телекомунікаційні системи повинні вдосконалювати свої механізми безпеки для захисту від атак, витоку даних та інших загроз конфіденційності.

- Енергоефективність: Деякі пристрої, які використовують телекомунікаційні мережі, можуть мати обмежений термін служби через велику енергоспоживання.
- Робота в умовах низької придатності: В окремих областях, таких як важкодоступні території або зони природних катастроф, бездротові телекомунікаційні системи можуть стикатися з труднощами у забезпеченні стабільного зв'язку.
- Спектральна налаштованість: Змагання за обмежений радіочастотний спектр може призводити до переповнення каналу зв'язку та спотворення сигналів.
- Масштабованість та гнучкість: Забезпечення ефективності та легкості масштабування систем в умовах швидко змінюючихся потреб користувачів в об'ємах передачі інформації.

Аналіз цих слабких місць дозволить визначити шляхи для вдосконалення та оптимізації телекомунікаційних систем для забезпечення найвищої ефективності та якості зв'язку.

Технології Wi-Fi є одними з найрозповсюдженіших в передачі інформації на короткі відстані. Одним із мінусів Wi-Fi мереж, який можна було б покращити, є затримки та нестабільність під час підключення. Декілька факторів може спричиняти це явище. Стіни, меблі та інші об'єкти можуть стати перешкодами для сигналу Wi-Fi, призводячи до втрати сигналу та зниження якості підключення. В густонаселених місцях канали Wi-Fi можуть бути перевантажені, що призводить до конфліктів та зниження швидкості передачі даних. Затримки можуть виникати через перевантаження мережі або через інтерференцію із сусідніми мережами. Діапазон дії Wi-Fi може бути обмеженим, особливо великими приміщеннями або на відкритому просторі.

Для вирішення цих проблем можна розглянути використання технологій, які дозволяють автоматично адаптувати сигнал, використовувати більше частотних діапазонів та вдосконалювати алгоритми автоматичного вибору каналів. Також

важливо розглядати впровадження нових стандартів, таких як Wi-Fi 6, які призначені для поліпшення швидкості та ефективності роботи мережі бездротового зв'язку.

Штучний інтелект може грати ключову роль у вирішенні проблем нестабільності та затримок у Wi-Fi мережах, забезпечуючи інтелектуальне управління та оптимізацію. Ось деякі способи, які ШІ може використовуватися для цього:

- Алгоритми машинного навчання можуть вивчати та аналізувати використання каналів Wi-Fi в реальному часі. Вони можуть автоматично вибирати оптимальний канал для мінімізації конфліктів та покращення швидкості передачі даних.
- Алгоритми прогнозування можуть передбачати навантаження на мережу та швидкість з'єднання в реальному часі. Це дозволяє ефективніше розподіляти ресурси та зменшувати затримки.
- Системи машинного навчання можуть вчитися виявляти та коригувати проблеми інтерференції або втрати сигналу, надаючи можливість більш ефективно реагувати на зміни у мережі.
- Штучний інтелект може аналізувати дані про шляхи маршрутизації та вибирати оптимальні маршрути для передачі даних, що дозволяє зменшити затримки та підвищити ефективність. Такі технології по праву відносяться до технологій наступного покоління [9]
- Системи управління витратами енергії можуть використовувати алгоритми штучного інтелекту для визначення оптимального режиму енергоспоживання пристроїв Wi-Fi, забезпечуючи більший термін служби батареї.

Використання штучного інтелекту у телекомунікаційних системах дозволяє автоматизувати процеси управління та оптимізації, покращуючи загальну ефективність та надійність Wi-Fi мереж.

1.2 Структура сучасних телекомунікаційних систем бездротової передачі даних

Структура сучасних телекомунікаційних систем бездротової передачі даних є складною і включає в себе різні рівні та компоненти для забезпечення ефективного обміну даними. Нижче наведено загальну архітектуру такої телекомунікаційної системи:

- Фізичний рівень (Physical Layer):
  - Канали передачі даних: Забезпечують фізичний канал для передачі сигналів. Це може бути радіочастотний спектр для бездротового зв'язку.
  - Антени та передавачі-приймачі: Використовуються для надсилання та прийому сигналів через канали.
- Канальний рівень (Data Link Layer):
  - Керування доступом до каналу (MAC): Вирішує питання взаємодії між пристроями на фізичному рівні, включаючи керування доступом до каналу.
  - Логічне керування каналом (LLC): Забезпечує логічний канал між пристроями та керує потоком даних.
- Мережевий рівень (Network Layer):
  - Маршрутизація: Визначає оптимальний шлях для передачі пакетів даних між пристроями.
  - IP-адресація: Надає унікальні ідентифікатори для пристроїв у мережі Інтернет.
- Транспортний рівень (Transport Layer):
  - Керування потоком: Забезпечує передачу даних без втрат та в правильному порядку.
  - Керування з'єднанням: Встановлення, управління та розрив з'єднань між пристроями.

- Сеансовий рівень (Session Layer):
    - Управління сеансами: Керує встановленням, управлінням та розривом з'єднань між пристроями.
- Представленський рівень (Presentation Layer):
    - Кодування та шифрування: Забезпечує конвертацію та шифрування даних для забезпечення сумісності та конфіденційності всіх пристроїв в мережі.
- Застосувальний рівень (Application Layer):
    - Додатки та сервіси: Надає доступ через з'єднання Інтернет до різноманітних додатків та сервісів, таких як веб-браузери, електронна пошта тощо.

Важливо провести загальний огляд архітектури. Варто відмітити, що бездротові телекомунікаційні системи можуть використовувати різні технології, такі як Wi-Fi, Bluetooth, LTE, 5G і т. д., і архітектура може варіюватися від одного типу системи до іншого.

Топологія мережі визначає фізичний або логічний спосіб, якими пристрої взаємодіють у мережі. Вона визначає, як обладнання та комунікаційні канали організовані для передачі даних. Існують кілька основних сучасних типів топологій мережі:

- Зіркова топологія (Star Topology):
    - Опис: У цій топології всі пристрої підключені до центрального вузла (комутатора чи концентратора). Всі комунікації відбуваються через центральний вузол.
    - Переваги: Проста у встановленні та обслуговуванні, кожен пристрій має свій власний канал для комунікації.
    - Недоліки: Залежність від центрального вузла, який може стати сингл-пойнтом невдачі.
- Кільцева топологія (Ring Topology):

- Опис: У цій топології пристрої підключені у формі кільця, де кожен пристрій має точного двох сусідів для комунікації.
- Переваги: Простота структури, кожен пристрій має рівний доступ до мережі.
- Недоліки: Розрив кільця може призвести до втрати з'єднання.

- Шина (Bus Topology):
  - Опис: У цій топології всі пристрої підключені до одного комунікаційного каналу (шини).
  - Переваги: Простота та ефективність з використанням ресурсів.
  - Недоліки: Збої в шині можуть призвести до втрати з'єднання для всіх пристроїв.
- Деревоподібна топологія (Tree Topology):
  - Опис: Комбінація зіркової та кільцевої топологій, де групи зіркових топологій з'єднані у кільце чи іншу структуру.
  - Переваги: Розширюваність та ефективність.
  - Недоліки: Залежність від центральних вузлів.
- Топологія Mesh (Mesh Topology):
  - Опис: У цій топології кожен пристрій має пряме з'єднання з кожним іншим пристроєм у мережі.
  - Переваги: Висока надійність та ефективність у випадку відмов.
  - Недоліки: Високі витрати на кабелі та конфігурування.
- Гібридна топологія (Hybrid Topology):
  - Опис: Комбінація двох або більше зазначених вище типів топологій.
  - Переваги: Компроміс між різними типами топологій, можливість вибору оптимального підходу для конкретних вимог.

Кожна топологія має свої переваги та недоліки, і вибір залежить від конкретних потреб, розміру та структури мережі.

Структура сучасних телекомунікаційних систем бездротової передачі даних включає різні аспекти, що охоплюють багато компонентів та технологій. Мобільні

пристрої, такі як смартфони та планшети, стали неодмінною частиною нашого повсякденного життя, забезпечуючи доступ до безлічі сервісів і розваг. Бездротові мережі, такі як Wi-Fi, Bluetooth та NFC, використовуються для забезпечення швидкого та зручного з'єднання між пристроями. Технології 4G LTE та 5G забезпечують високошвидкісний доступ до Інтернету, а сотові мережі грають ключову роль у передачі голосу та даних.

Основні засоби в структурі сучасних телекомунікаційних мереж включають різноманітні пристрої, програмне забезпечення та інфраструктуру, що забезпечують ефективний обмін даними і забезпечують функціонування мережі. Основні компоненти включають:

- Пристрої:
    - Роутери: Використовуються для передачі даних між різними мережами та визначення найкоротших шляхів.
    - Комутатори: Забезпечують комутацію кадрів на основі MAC-адрес та полегшують локальний обмін даними в мережах.
    - Хаби: Використовуються для об'єднання пристроїв в одну мережу, розділяючи даний сигнал на всі підключені до телекомунікаційної мережі пристрої.
    - Маршрутизатори: Визначають оптимальний шлях для передачі даних в мережі.
    - Брандмауери: Захищають мережу від несанкціонованого доступу та контролюють обмін даними між мережами.
- Мережеве програмне забезпечення:
    - Операційні системи маршрутизаторів і комутаторів: Налаштовують та керують роботою мережевого обладнання.
    - Протоколи мережі: Визначають правила обміну даними між пристроями в мережі (наприклад, TCP/IP).
    - Програмне забезпечення керування мережею: Забезпечує централізоване керування та моніторинг мережі.

- Інфраструктура та сервіси:
    - Живлення та кабельна інфраструктура: Включає в себе кабелі, комутатори, роз'єми та інше обладнання для фізичного з'єднання пристроїв в мережі.
    - Інтернет-послуги: Забезпечують доступ до Інтернету через провайдерів послуг Інтернету (ISP).
    - Хмарні сервіси: Надають доступ до обчислювальних та зберігальних ресурсів через Інтернет.
- Комп'ютери та Кінцеві пристрої:
    - Персональні комп'ютери: Використовуються для доступу до мережі та виконання різних завдань.
    - Смартфони та планшети: Забезпечують мобільний доступ до мережі та інтернет-сервісів.
    - Сервери: Надають централізовані ресурси, такі як зберігання даних, обчислення та інші послуги.
- Системи безпеки:
    - Антивірусне програмне забезпечення та захист від злому: Забезпечують безпеку мережі від вірусів, троянців та несанкціонованого доступу.
    - Шифрування даних: Захищає конфіденційність даних під час їх передачі через мережу.

Ці компоненти працюють разом, створюючи ефективні та надійні телекомунікаційні мережі, які задовольняють різноманітні потреби користувачів та організацій.

Розгортання Інтернету речей (IoT) дозволяє збирати дані від сенсорів та актуаторів, що розташовані в різних пристроях, і передавати їх для обробки та аналізу. Хмарні технології додають ефективність, забезпечуючи зберігання та обробку даних на віддалених серверах. Крім того, безпека та керування важливі для забезпечення конфіденційності та цілісності даних, а також для оптимізації

використання мережевих ресурсів. Інтернет речей (IoT) включає в себе різноманітні сенсори та актуатори, які збирають та передають дані з пристроїв, роблячи середовище більш розумним та підключеним.

Базові станції, маршрутизатори та комутатори складають основну інфраструктуру для передачі сигналу та обробки даних у бездротових мережах. З точки зору безпеки та керування, технології шифрування, аутентифікації та управління ресурсами використовуються для забезпечення безпеки та оптимізації використання мережевих ресурсів.

Маршрутизатори — це пристрої, які використовуються для управління та керування трафіком в мережі передачі даних. Вони грають важливу роль у розподілі інформації між різними пристроями в комп'ютерних мережах. Основна функція маршрутизаторів полягає в прийнятті, аналізі та пересиланні даних між різними мережевими пристроями. Вони визначають оптимальний шлях для передачі даних з одного пристрою до іншого, враховуючи різні мережеві параметри, такі як швидкість передачі інформації, доступність шляхів та навантаження.

Маршрутизатори допомагають забезпечити ефективність та надійність мережі, розподіляючи трафік і запобігаючи заторам. Вони також забезпечують функції безпеки, визначаючи, які дані можуть або не можуть проходити через мережу. Призначення маршрутизаторів включає також підтримку великої кількості мережевих пристроїв та розділення їх мережевих діапазонів. Це дозволяє ефективно керувати розподілом ресурсів та забезпечити безперебійну роботу мережі.

Узагальнюючи, маршрутизатори є ключовими компонентами комп'ютерних мереж, забезпечуючи маршрутизацію даних та керування трафіком для забезпечення оптимальної та надійної роботи мережі.

Комутатори є пристроями в комп'ютерних мережах, які відіграють важливу роль у керуванні та організації обміну даними між пристроями в локальних мережах (LAN). Основна їх функція — це забезпечення комутації, тобто

пересилання даних від одного пристрою до іншого в мережі. Комутаторів відомі тим, що вони працюють на рівні каналу датаграм (Data Link Layer) у мережевій моделі OSI. Це означає, що вони працюють з фізичними адресами пристроїв, такими як адреси керуючого доступу (MAC-адреси), для точного визначення шляху пересилання даних.

Однією з важливих характеристик комутаторів є їхній здатності автоматично визначати та навчатися адресам пристроїв у мережі. Вони побудовані на технології "апаратного вивчення адрес" (MAC learning), що дозволяє їм ефективно керувати трафіком. Комутатори також спроможні розділяти мережу на віртуальні LAN (VLAN), що дозволяє створювати логічні сегменти для кращого управління мережевим трафіком та підвищення безпеки.

Узагальнюючи, комутатори є важливими компонентами інфраструктури мережі, що забезпечують ефективне та швидке перемикання даних між пристроями користувачів, полегшуючи комунікацію в локальних мережах передачі інформації.

Базові станції представляють собою ключові складові в мобільних комунікаційних системах. Це спеціальні пристрої, які забезпечують зв'язок між мобільними пристроями (наприклад, телефонами) та інфраструктурою мобільної мережі. Основна функція базових станцій — це створення радіосполучення із мобільними пристроями, що дозволяє їм здійснювати зв'язок у межах мережі. Базові станції взаємодіють із мобільними пристроями, приймаючи та передаючи сигнали, а також координують їх роботу в мережі.

Вони також забезпечують управління ресурсами мережі, визначаючи, як використовувати доступний спектр радіочастот та оптимізуючи розподіл трафіку між різними мобільними пристроями. Базові станції можуть бути розташовані у місцях з високою популяцією, таких як міста чи райони з інтенсивними обсягами трафіку. У деяких випадках базові станції можуть використовувати технології бездротового зв'язку, такі як 5G, для забезпечення вищої швидкості передачі даних та зменшення затримок. Основна ідея полягає у створенні ефективної та надійної

інфраструктури для забезпечення зв'язку між мобільними пристроями та мережею.

Інфраструктура телекомунікацій включає базові станції, маршрутизатори та комутатори, які відіграють важливу роль у безперервній передачі радіосигналу та керуванні потоками даних у розповсюджених бездротових мережах. Взаємодія всіх цих компонентів створює велику та складну систему телекомунікацій, що дозволяє гарантувати зв'язок із безперервним та ефективним обміном інформацією у сучасному світі.

1.3 Використанні штучного інтелекту для аналізу показників телекомунікаційних систем

При аналізі приймача радіосигналу можна отримати різноманітну інформацію, що включає:

- Рівень сигналу (сила сигналу): Вимірювання сили прийнятого сигналу дозволяє визначити, наскільки сильно сигнал змінюється від точки до точки. Це важливо для оцінки якості та стабільності зв'язку.
- Частота сигналу: Визначення частоти сигналу допомагає ідентифікувати, на якому частотному діапазоні працює приймач. Це важливо для уникнення перешкод та конфліктів між різними пристроями в одній мережі та іншими мережами.
- Ширина смуги: Визначення ширини смуги сигналу вказує на кількість частот, які використовуються для передачі інформації. Ширина смуги передачі може впливати на пропускну здатність та ефективність передачі даних.
- Рівень шуму: Аналіз шуму дозволяє визначити, наскільки сильно пристрій відхиляється від очікуваного сигналу. Низький рівень шуму важливий для забезпечення чіткості та надійності зв'язку.

- Кількість підтверджених та втрачених пакетів: Для передачі даних через радіо може використовуватися пакетна комутація. Аналіз кількості підтверджених та втрачених пакетів дозволяє визначити ефективність передачі даних.
- Модуляція та кодування: Визначення методів модуляції та кодування сигналу допомагає зрозуміти, як сигнал кодує та передає інформацію. Це важливо для сумісності та оптимізації передачі даних.

Аналіз цих параметрів дозволяє ефективно визначити характеристики та якість радіосигналу, що є важливим для розуміння та покращення зв'язку в бездротових мережах.

Рівень шуму визначається за допомогою показника Signal-to-Noise Ratio (SNR), що відображає співвідношення між корисним сигналом та шумом у системі. SNR вимірюється у децибелах (dB) і розраховується за наступною формулою:

$$SNR(dB) = 10log_{10}(\frac{P_{сиг}}{P_{шум}}) \quad (2.1)$$

де:

$P_{сиг}$ - потужність сигналу,

$P_{шум}$ - потужність шуму.

Якщо відома амплітуда сигналу та амплітуда шуму, є можливість використати наступну формулу для обчислення SNR:

$$SNR(dB) = 10log_{10}(\frac{A_c^2}{A_ш^2}) \quad (2.2)$$

де:

A_c - Амплітуда сигналу,

$A_ш$ - Амплітуда шуму.

З іншого боку, якщо відомі значення ефективного значення амплітуди (RMS) сигналу ($V_{rms,\,signal}$) та шуму ($V_{rms,\,signal}$), то значення показника SNR можна розрахувати як:

$$SNR(dB) = 20log_{10}(\frac{V_{rms,\,signal}}{V_{rms,\,signal}}) \tag{2.3}$$

Важливо враховувати, що ці формули застосовуються до амплітуд сигналу та шуму, а не потужності. Для переходу від амплітуди до потужності, потрібно використовувати квадрат значень амплітуди:

$$P = \frac{V^2}{R} \tag{2.4}$$

де:

R - опір.

Використання штучного інтелекту (ШІ) для аналізу телекомунікаційних систем представляє сучасну та перспективну галузь досліджень. Застосування ШІ в цьому контексті включає в себе розробку та впровадження різноманітних методів та алгоритмів для оптимізації та управління різними аспектами телекомунікаційних мереж.

Одним із ключових напрямків є автоматизація мережевих операцій. ШІ може використовуватися для створення систем, які автоматизують процеси конфігурації обладнання та управління маршрутизацією даних, що сприяє підвищенню ефективності та швидкості реакції на зміни.

Аналіз трафіку та оптимізація пропускної спроможності є іншим важливим аспектом. ШІ може проводити реальний час аналізу трафіку, надаючи можливість оптимізувати маршрути та розподіл ресурсів для забезпечення максимальної ефективності мережі. Аналіз трафіку може також відбуватись за допомогою вимірювачів. У вимірниках автоматичного типу звичайно здійснюється порівняння контрольованого розмаху сигналу з еталонним (автоматично регульованим). [10]

Важливим елементом є також виявлення несправностей та прогнозування відмов. Здатність ШІ виявляти аномалії та передбачати можливі несправності сприяє усуненню проблем та забезпечує більшу надійність мережі.

Оптимізація енергоспоживання, персоналізація обслуговування, боротьба з кіберзагрозами та розвиток 5G мереж - всі ці аспекти підкреслюють широкий спектр можливостей застосування ШІ для покращення роботи та управління телекомунікаційними системами.

Одним з прикладів може бути використання алгоритмів машинного навчання для аналізу патернів використання мережі. Штучний інтелект може автоматично визначати періоди пікового трафіку та адаптувати ресурси мережі відповідно. Якщо система передбачає підвищений трафік під час певних подій або заходів, вона може автоматично забезпечити додаткову пропускну спроможність для забезпечення максимальної стабільності з'єднання та високої швидкості передачі даних.

Крім того, штучний інтелект може аналізувати дані про використання користувачів для персоналізації обслуговування. Він може рекомендувати оптимальні тарифні плани або підказувати про можливості покращення швидкості та якості зв'язку для конкретного користувача. Такий підхід допомагає компанії ефективно використовувати ресурси, забезпечуючи високу якість обслуговування та задоволення потреб споживача.

1.4 Розробка систем штучного інтелекту та їх застосування в аналітиці систем передачі інформації

Нейронні мережі можуть розроблятися на різних платформах та використовувати різні інструменти і мови програмування. Ось детальний огляд деяких з них:

- Фреймворки для глибокого навчання:

- TensorFlow: Розроблений компанією Google, цей відкритий фреймворк для глибокого навчання надає зручний інтерфейс для побудови та тренування нейронних мереж. Він підтримує як стандартні моделі, так і складні архітектури.
- PyTorch: Це інший популярний відкритий фреймворк, який забезпечує гнучкий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для глибокого навчання. PyTorch здобуває популярність своєю простотою використання та динамічним обчисленням графів.
- Keras: Це високорівневий інтерфейс, який працює на основі TensorFlow та може також використовувати Theano в якості обчислювального бекенду. Він дозволяє швидко створювати та тренувати моделі нейронних мереж.
- Caffe: Спеціалізований фреймворк для глибокого навчання, розроблений для ефективності та швидкості. Часто використовується в задачах візуального розпізнавання.
- MXNet: Розроблений Apache Software Foundation, MXNet підтримує гнучкість та швидкість для розгортання нейронних мереж на різних пристроях.

- Мови програмування:
  - Python: Велика частина глибокого навчання реалізується мовою програмування Python. Вона має велику кількість бібліотек та фреймворків, які полегшують розробку нейронних мереж.
  - R: Застосовується в області статистики та аналізу даних. Деякі бібліотеки, такі як Keras, підтримують R для глибокого навчання.
  - Julia: Становить конкуренцію Python та R в глибокому навчанні, завдяки високій продуктивності та простоті синтаксису.
- Інтегровані розробницькі середовища (IDE):

- Jupyter Notebooks: Забезпечує інтерактивність та гнучкість для експериментів з нейронними мережами. Дозволяє виконувати код крок за кроком.
- PyCharm, Visual Studio Code: Популярні IDE, які підтримують розробку на Python та інших мовах.

- Інші інструменти:
  - Google Colab: Це хмарне середовище для виконання Jupyter Notebooks, яке надає доступ до групового обладнання GPU від Google для прискорення тренування моделей.
  - TensorBoard: Візуалізаційний інструмент, що входить до складу TensorFlow, допомагає відстежувати та аналізувати процес навчання моделей.

Ці інструменти та мови дозволяють розробникам та дослідникам зручно створювати, тренувати та оптимізовувати нейронні мережі для різноманітних завдань. Вибір конкретних інструментів часто залежить від вимог проекту, рівня експертизи та особистих уподобань розробника [11].

Штучний інтелект (ШІ) та нейронні мережі грають важливу роль в сучасних телекомунікаційних системах, допомагаючи вдосконалити ефективність, безпеку та функціональність мереж. Ось кілька аспектів важливості ШІ та нейронних мереж в цьому контексті:

- Оптимізація мережевих ресурсів:
  - Нейронні мережі можуть використовуватися для прогнозування обсягів трафіку та оптимізації використання доступних мережевих ресурсів.
  - ШІ може адаптивно регулювати пропускну здатність та інші параметри мережі в реальному часі відповідно до змін у використанні каналів зв'язку.
- Управління трафіком:

- ШІ може використовуватися для автоматизації управління трафіком, визначення оптимальних маршрутів та прогнозування ситуаційного трафіку.
- Алгоритми нейронних мереж можуть адаптуватися до змін у структурі трафіку та забезпечувати ефективне реагування на різні сценарії розповсюдження трафіку.

- Забезпечення безпеки мережі:
  - ШІ допомагає виявляти аномалії та потенційні загрози в мережах шляхом аналізу великих обсягів даних та ідентифікації відмінностей в поведінці.
  - Нейронні мережі можуть використовуватися для систем виявлення вторгнень та забезпечення безпеки мережевого зв'язку.
- Покращення якості обслуговування:
  - Алгоритми ШІ можуть оптимізувати якість обслуговування, враховуючи потреби користувачів та динамічні умови мережі передачі інформації.
  - Нейронні мережі можуть прогнозувати коливання навантаження та використовуватися для розподілу доступних ресурсів у режимі реального часу.
- Підтримка інтелектуальних сервісів:
  - ШІ дозволяє впровадження інтелектуальних та персоналізованих сервісів для користувачів мережі.
  - Нейронні мережі можуть використовуватися для аналізу поведінки користувачів та покращення персоналізації сервісів.
- Штучний інтелект у вирішенні проблем в мережевій інфраструктурі:
  - ШІ може використовуватися для автоматизації конфігурації та управління мережевою інфраструктурою.
  - Нейронні мережі допомагають у вирішенні завдань оптимізації ресурсів та управління великими обсягами даних.

Всі ці аспекти сприяють покращенню ефективності, надійності та інноваційності телекомунікаційних систем, забезпечуючи кращий відгук на зміни в середовищі та потреби користувачів.

Тема аналізу системи передачі інформації за допомогою штучного інтелекту стає дедалі важливішою в контексті постійного розвитку телекомунікаційних технологій. Розробка та впровадження систем штучного інтелекту (ШІ) у сфері аналітики телекомунікацій дозволяє покращити ефективність, надійність та безпеку мереж передачі інформації. Одним із ключових аспектів є створення алгоритмів машинного навчання для аналізу великих обсягів даних, що генеруються телекомунікаційними системами. Штучний інтелект може виявляти закономірності, робити прогнози та надавати рекомендації щодо оптимізації мережі.

Іншим напрямком є використання ШІ для виявлення аномального або зловживального трафіку у реальному часі. Системи машинного навчання можуть ідентифікувати нетипові патерни та сигнали, що вказують на можливі кіберзагрози або атаки, дозволяючи операторам реагувати швидко та забезпечувати кібербезпеку мережі. Штучний інтелект також може бути використаний для оптимізації розподілу ресурсів та енергоспоживання мережі. Аналіз великих обсягів даних дозволяє розуміти патерни використання ресурсів та розробляти стратегії для зменшення енерговитрат.

Застосування ШІ у сфері аналітики телекомунікацій дозволяє побудувати більш інтелектуальні та адаптивні мережі, які відповідають на змінні вимоги сучасного світу та забезпечують високу якість обслуговування. Ще однією ключовою складовою є впровадження ШІ в управління та оптимізацію мережевих ресурсів. Системи можуть самостійно аналізувати навантаження, прогнозувати його зміни та розподіляти ресурси для максимальної ефективності та задоволення потреб користувачів.

Штучний інтелект також забезпечує аналіз якості обслуговування та автоматизоване виявлення несправностей в системах передачі інформації.

Автоматичне виявлення та усунення проблем допомагає забезпечити найвищу доступність та надійність мереж. Узагальнено, розробка систем ШІ в аналітиці телекомунікаційних систем покликана вдосконалювати ефективність, надійність та якість обслуговування, а також впроваджувати нові можливості для оптимізації мереж та задоволення різноманітних потреб користувачів.

2. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ АНАЛІЗУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Розробка методики аналізу телекомунікаційної системи за допомогою штучного інтелекту є важливим напрямком дослідження, оскільки ШІ може вносити суттєвий вклад у покращення ефективності та оптимізацію роботи сучасних телекомунікаційних мереж бездротової передачі інформації. Така методика передбачає використання інтелектуальних алгоритмів та систем для аналізу, вдосконалення та управління різними аспектами телекомунікаційної інфраструктури.

Системи бездротової передачі даних складаються з різноманітних елементів, які спільно працюють для забезпечення ефективної комунікації. Основні компоненти включають передавачі, приймачі, канали передачі даних, антени та інші елементи. Структура передавача грає важливу роль у визначенні частоти сигналу, який використовується для передачі інформації. Сигнали в мобільних мережах мають свої особливості, такі як розділення на канали та використання різних частот.

Структура сигналу в мобільних мережах може бути описана через специфікації та стандарти, які визначають характеристики сигналів, такі як частота, модуляція, мінімальна ширина смуги та інші параметри. Частоти мобільних мереж визначаються стандартами і можуть бути розділені на різні смуги для різних служб та технологій.

Оптимальні засоби передачі, такі як антени, обираються враховуючи частоту сигналу. Різні типи антен можуть мати оптимальні характеристики для конкретних діапазонів частот. Залежність характеристик сигналу від будови антени досліджується для визначення оптимальних рішень для передачі інформації в мобільних мережах. Такий аналіз дозволяє розробляти ефективні телекомунікаційні системи, вибираючи оптимальні технічні рішення для передачі

даних на різних частотах із використанням відповідних засобів бездротової передачі інформації.

Алгоритми штучного інтелекту можуть використовуватися для автоматизації процесів моніторингу та аналізу телекомунікаційних мереж. Наприклад, ШІ може виявляти аномалії в роботі мережі, визначати періоди пікового трафіку, а також адаптувати ресурси мережі в реальному часі. Однією з ключових задач є виявлення та оптимізація навантаження в мережі. Інтелектуальні алгоритми можуть аналізувати дані щодо використання каналів зв'язку, передачі даних та інших ресурсів для ефективного розподілу навантаження та запобігання перевантаженням.

Аналіз телекомунікаційних систем за допомогою нейронних мереж є важливим напрямком досліджень, спрямованих на вдосконалення ефективності та функціональності мережевих інфраструктур. Нейронні мережі, які є ключовим інструментом глибокого навчання, використовуються для розв'язання складних завдань в області телекомунікацій з метою оптимізації роботи систем та поліпшення якості обслуговування.

В їхньому використанні для аналізу телекомунікацій можна виділити декілька ключових аспектів. По-перше, нейронні мережі можуть використовуватися для передбачення та управління трафіком в мережі. Вони можуть адаптуватися до змін у обсягах даних та прогнозувати періоди пікового навантаження, допомагаючи мережам ефективно розподіляти ресурси.

Другим важливим аспектом є виявлення аномалій та кіберзагроз в телекомунікаційних системах. Нейронні мережі можуть аналізувати великі обсяги даних, виявляючи непередбачувані та відхилення від стандартів патерни, що вказує на можливі загрози та атаки.

Третім аспектом є оптимізація мережевих параметрів. Нейронні мережі можуть автоматично налаштовувати параметри мережі, такі як швидкість передачі даних, маршрутизація та пропускна здатність, забезпечуючи оптимальну продуктивність та знижуючи витрати енергії.

Використання нейронних мереж у телекомунікаціях дозволяє підвищити автоматизацію, адаптивність та безпеку систем, роблячи їх більш готовими до змін та викликів в сучасному середовищі зв'язку. Це відкриває нові можливості для вдосконалення та розвитку телекомунікаційних мереж в еру швидкого та динамічного розвитку технологій.

Штучний інтелект також може бути використаний для покращення якості обслуговування користувачів. За допомогою аналізу великих обсягів даних, системи можуть прогнозувати попит на послуги, а також ідентифікувати і вирішувати проблеми, що впливають на якість зв'язку. Отже, розробка методики аналізу телекомунікаційних систем з використанням штучного інтелекту спрямована на створення інноваційних підходів до управління та оптимізації мереж для забезпечення ефективності, надійності та високої якості обслуговування.

2.1 Визначення перспективних напрямків для покращення роботи телекомунікаційних систем

Визначення перспективних напрямків для покращення роботи телекомунікаційних систем включає в себе комплексний аналіз різних аспектів бездротового зв'язку. Одним з ключових напрямків є підвищення швидкості та пропускної здатності, що вимагає використання передових технологій, таких як 5G. Також важливим є забезпечення надійності та мінімізація затримок, що може бути досягнуто оптимізацією управління трафіком.

Мережі 5G активно розвиваються, удосконалюючи бездротовий зв'язок та відкриваючи нові можливості. До потенційних напрямків вдосконалення можна віднести збільшення пропускної здатності для обробки великого обсягу даних, зменшення затримок для реального часу відгуку, розширення зон покриття та покращення надійності мережі. Також акцентується на енергоефективності та використанні відновлюваної енергії для живлення інфраструктури. Захист від

кібератак, збереження приватності даних, розробка нових сценаріїв використання та вивчення інновацій стають важливими аспектами. Також важливо підтримувати глобальні стандарти для забезпечення сумісності та глобального впровадження технологій 5G. Всі ці напрямки спрямовані на досягнення високої продуктивності та надійності мереж 5G у різних умовах та обставинах.

Додаткові аспекти включають розширення покриття та зон покриття, особливо у важкодоступних місцях, а також забезпечення безпеки та конфіденційності даних через розробку нових методів шифрування. Енергоефективність та використання відновлюваних джерел енергії також є важливими аспектами для зменшення екологічного впливу систем.

Розвиток технологій Internet of Things (IoT) може розширити можливості телекомунікаційних систем, а оптимізація внутрішніх алгоритмів та систем управління ресурсами дозволить автоматично оптимізувати мережу в реальному часі. Ці напрямки спрямовані на покращення ефективності, доступності та інноваційності бездротових технологій зв'язку, що є важливим для їх подальшого розвитку.

Використання штучного інтелекту для визначення оптимального шифрування для різних типів трафіку може значно покращити безпеку та ефективність бездротових мереж. ШІ може аналізувати найважливіші характеристики трафіку, враховуючи такі параметри, як тип даних, обсяг передачі інформації, важливість конфіденційності тощо. Він може враховувати динамічні зміни у мережі та вибирати оптимальні алгоритми шифрування для забезпечення високого рівня захисту при мінімальному впливі на продуктивність роботи алгоритмів системи.

Наприклад, для трафіку, який передбачає великі обсяги даних, може використовуватися алгоритм шифрування з високою швидкістю обробки. У випадку трафіку, де основний акцент на конфіденційності, можуть використовуватися більш потужні методи шифрування. Крім того, ШІ може визначати оптимальний спосіб шифрування для конкретних аплікацій або

пристроїв, щоб забезпечити оптимальний баланс між безпекою та продуктивністю роботи системи.

Це дозволяє адаптувати методи шифрування до конкретних вимог і характеристик мережі, забезпечуючи ефективний захист від потенційних загроз. Покращення цього аспекту роботи систем передачі інформації здатне пришвидшити передачу великих обсягів інформації без необхідності розширення каналу радіозв'язку або додаткової мультиплікації; збільшити надійність доставки повідомлення без необхідності резервного кодування чи передачі додаткових об'ємів передачі. В цілому, використання ШІ у визначенні оптимального шифрування дозволяє покращити безпеку та продуктивність бездротових мереж, забезпечуючи ефективний захист від сучасних загроз.

Вдосконалення роботи Wi-Fi мереж визначає актуальність та важливість пошуку нових підходів для покращення ефективності та надійності бездротових з'єднань. В рамках цієї теми розглядаються перспективні напрямки, спрямовані на вирішення сучасних викликів та задач у галузі Wi-Fi технологій. Одним із ключових аспектів є оптимізація пропускної здатності Wi-Fi мереж. Це включає в себе розробку нових методів множинного доступу, розширення широкосмугових технологій та використання високочастотних діапазонів для підвищення швидкості передачі даних.

Додатковою перспективою є впровадження технологій Wi-Fi 6 та його подальших версій, які пропонують не лише збільшення швидкості, але й покращення ефективності в забруднених мережевих середовищах та забезпечення кращої підтримки для багатофункціональних пристроїв. Забезпечення безпеки мережі стає ще однією пріоритетною областю. Розробка нових методів шифрування, виявлення та запобігання атакам, а також захист від інших загроз забезпечує надійність Wi-Fi з'єднань для користувачів.

Крім того, розглядається можливість впровадження розумних технологій управління ресурсами та енергозбереженням в Wi-Fi мережах. Це може включати в себе використання штучного інтелекту для оптимізації розподілу ресурсів та

зменшення споживання енергії. Загалом, перспективи для покращення роботи Wi-Fi мереж визначаються не лише збільшенням швидкості передачі даних, але й вдосконаленням надійності, безпеки та ефективності в умовах постійних змін у сучасних мережевих середовищах.

2.2 Розробка змін до архітектури телекомунікаційної системи за допомогою штучного інтелекту

Розробка архітектури телекомунікаційної системи за допомогою штучного інтелекту є важливим та перспективним напрямком сучасних досліджень і розвитку телекомунікаційних технологій. Ця тема охоплює розробку і впровадження інтелектуальних технологій у всі аспекти функціонування телекомунікаційних систем, з метою покращення їх ефективності, надійності та здатності адаптуватися до змінних умов.

Оптимізація мережевого трафіку - застосування ШІ дозволяє автоматизувати аналіз та управління мережевим трафіком. Системи ШІ можуть передбачати підвищення або зменшення навантаження, розподіляти ресурси мережі ефективно та прогнозувати необхідність резервування пропускної здатності. Адаптивне управління ресурсами - інтелектуальна архітектура може автоматично визначати і адаптуватися до вимог щодо ресурсів мережі, оптимізуючи їх використання та підтримуючи стабільність мережі.

Цей підхід передбачає впровадження інтелектуальних алгоритмів та моделей, що дозволяють системі адаптуватися до змінних умов та вдосконалювати свою продуктивність. Штучний інтелект може бути використаний для автоматизації процесів управління ресурсами мережі. Система може самостійно приймати рішення щодо розподілу пропускної здатності, оптимізації маршрутизації, та ефективного використання доступних ресурсів системи передачі інформації.

Додатково, штучний інтелект в телекомунікаційних системах може вдосконалювати якість обслуговування шляхом передбачення та управління трафіком. Аналізуючи дані щодо обсягів та патернів трафіку, система може автоматично реагувати на зміни та оптимізувати роботу мережі для підтримки максимального рівня продуктивності. Ще однією перспективою є використання штучного інтелекту для виявлення та запобігання аномаліям в мережі. Алгоритми машинного навчання можуть вчитися розпізнавати характерні відхилення від звичайних патернів та автоматично вживати заходів для нейтралізації потенційних проблем.

Все це спрямовано на те, щоб телекомунікаційна система стала більш гнучкою, самодостатньою та здатною швидко адаптуватися до змін у вимогах користувачів та умовах експлуатації. Впровадження штучного інтелекту у розробку архітектури телекомунікацій дозволяє суттєво покращити їхню продуктивність та надійність у динамічному середовищі сучасних зв'язкових технологій.

Підтримка високого рівня безпеки - системи ШІ дозволяють виявляти аномалії та потенційні загрози безпеки у реальному часі, автоматично реагуючи на їхню появу та вживаючи заходів щодо їх усунення. Покращення якості обслуговування (QoS) - ШІ може адаптивно керувати різними параметрами мережі, такими як затримка в передачі сигналу, швидкість передачі даних та пропускна здатність каналу, для забезпечення оптимальної якості обслуговування для користувачів.

Оптимізація енергоспоживання - використання ШІ управлінням енергоспоживанням дозволяє ефективно використовувати енергію в мережі, зменшуючи споживання в періодах низького навантаження та оптимізуючи роботу обладнання. Прогнозування та управління збоїв - системи ШІ можуть прогнозувати можливі збої в роботі мережі та приймати передбачені заходи для запобігання або мінімізації їхніх наслідків.

Реалізація автономних мереж - використання штучного інтелекту дозволяє створювати мережі, які можуть самостійно приймати рішення, реагувати на зміни та оптимізувати свою діяльність без значного втручання операторів. Розробка архітектури телекомунікаційної системи за допомогою ШІ сприяє створенню більш гнучких, ефективних та інтелектуальних мереж, що відповідають сучасним вимогам та потребам користувачів.

2.3 Вибір технічних рішень та визначення їх ефективності

Покращення ефективності телекомунікаційних систем вимагає обстеження та вибору оптимальних технічних рішень, а також визначення їх ефективності у реальних умовах використання. Спочатку, процес вибору технічних рішень включає в себе оцінку потреб системи та визначення конкретних проблем, які потрібно вирішити. Це може охоплювати питання пропускної здатності, швидкості передачі даних, безпеки, масштабованості та інших параметрів.

Далі, прийняття рішень вимагає аналізу доступних технічних рішень, їх вартості, складності впровадження та сумісності з існуючою інфраструктурою. Важливо враховувати якість обслуговування, технічну підтримку та можливості майбутнього розвитку. Визначення ефективності включає в себе моніторинг та оцінку впливу вибраних технічних рішень на ключові параметри системи. Це може включати в себе вимірювання пропускної здатності, швидкості реакції, надійності та безпеки системи.

Основним аспектом є здатність системи адаптуватися до змін в навантаженні та вимогах користувачів. Ефективні технічні рішення повинні бути гнучкими та можливими до налаштування, зокрема за допомогою впровадження інтелектуальних технологій, таких як штучний інтелект та машинне навчання. Загалом, цей процес є ітеративним, і вимагає постійного відстеження та аналізу результатів для подальшого вдосконалення та оптимізації телекомунікаційних систем у відповідь на зростаючі вимоги та технологічні зміни.

Вибір технічних рішень та визначення їх ефективності у контексті використання штучного інтелекту для аналізу телекомунікаційних систем є ключовим аспектом розвитку і вдосконалення сучасних мереж передачі даних. Ця тема охоплює широкий спектр завдань та викликів, що виникають при впровадженні технологій ШІ для оптимізації функціонування та підвищення продуктивності телекомунікаційних систем.

Аналіз потреб системи - перший етап включає вивчення потреб та вимог телекомунікаційної системи. Штучний інтелект може бути використаний для автоматизованого аналізу обсягу даних, трафіку, характеристик передачі інформації та інших параметрів, що є критичними для правильного вибору технічних рішень.

Вибір оптимальних технічних рішень - на основі результатів аналізу системи та визначення потреб використання ШІ, визначаються оптимальні технічні рішення. Це може включати вибір апаратних компонентів, програмного забезпечення, алгоритмів обробки даних та методів передачі інформації.

Оцінка ефективності - штучний інтелект може бути задіяний для оцінки ефективності обраних технічних рішень. Здійснюючи моніторинг роботи системи в реальному часі, алгоритми ШІ можуть виявляти можливі аномалії, оптимізувати параметри роботи та забезпечувати максимальну продуктивність.

Автоматизація прийняття рішень - штучний інтелект може впроваджувати системи автоматичного прийняття рішень, реагуючи на зміни в середовищі мережі. Це може включати автоматичне масштабування ресурсів, виправлення помилок або навіть зміни конфігурації системи для досягнення оптимальної продуктивності.

Постійне вдосконалення - інтеграція ШІ дозволяє реалізувати постійне вдосконалення системи на основі зібраних даних та використання алгоритмів машинного навчання. Система може адаптуватися до нових умов та оптимізувати роботу, забезпечуючи динамічний розвиток та конкурентоспроможність.

Такий підхід до вибору технічних рішень та їхньої ефективності, використовуючи потужності ШІ, дозволяє сучасним телекомунікаційним системам бути більш гнучкими, швидкореагуючими та адаптованими до зростаючих вимог користувачів і змінюючихся умов.

Для впровадження штучного інтелекту в аналіз телекомунікаційних систем та вибору оптимальних технічних рішень використовують різноманітні інструменти та бібліотеки програмування. Python є основним інструментом у цьому процесі, зокрема використовуючи бібліотеки для машинного навчання, такі як scikit-learn, TensorFlow, та PyTorch. Ці бібліотеки дозволяють розробникам застосовувати різні алгоритми машинного навчання для аналізу даних і прийняття рішень.

NumPy та Pandas використовуються для обробки та аналізу даних, в той час як SciPy може надавати статистичні інструменти для аналізу даних та визначення оптимальних параметрів систем. Jupyter Notebooks стає зручним інструментом для інтерактивної розробки та візуалізації результатів. Також використовуються бібліотеки, такі як Scikit-learn, для реалізації різних алгоритмів машинного навчання, що полегшує аналіз та класифікацію даних, їх подальшу обробку та вивід результату.

TensorFlow - це відкрите програмне забезпечення для машинного навчання та глибокого навчання, розроблене командою Google Brain. Воно надає комплекс інструментів для побудови та тренування різноманітних моделей штучного інтелекту. Однією з ключових особливостей TensorFlow є його графова структура обчислень, яка дозволяє визначати, оптимізувати та розподіляти обчислення на різних пристроях. Це особливо корисно при роботі з великими обсягами даних та складними моделями.

TensorFlow підтримує глибоке навчання та нейромережі, надаючи інтерфейс для визначення та тренування різноманітних архітектур моделей, таких як згорткові та рекурентні нейронні мережі. Він також включає в себе інструменти для обробки та підготовки даних, а також різні функції оптимізації для тренування

моделей. TensorFlow може використовуватися для різноманітних завдань, таких як класифікація, виявлення об'єктів, машинний переклад, генерація контенту та багато інших. Він має велику спільноту користувачів та активно розвивається, надаючи нові можливості та підтримуючи сучасні тенденції у сфері машинного навчання.

NumPy (Numerical Python) - це потужна бібліотека для мови програмування Python, яка надає підтримку для великих, багатовимірних масивів та матриць, разом із великою колекцією математичних функцій для роботи з цими масивами. Основні риси та можливості NumPy включають в себе масиви, які можуть бути одновимірними або багатовимірними, математичні операції, індексацію та зрізи, бродкастинг та векторизацію.

NumPy дозволяє виконувати численні операції та обчислення, необхідні для аналізу телекомунікаційних систем. Використання NumPy у сполученні з іншими бібліотеками для машинного навчання чи штучного інтелекту дозволяє ефективно обробляти та аналізувати великі обсяги даних, враховуючи їхню складність та структуру.

У конкретному контексті телекомунікацій можливості NumPy використовуються для обробки сигналів, моделювання та аналізу характеристик каналів передачі даних, а також для вирішення задач обробки та аналізу даних, пов'язаних із функціонуванням та оптимізацією бездротових телекомунікаційних систем.

В процесі вибору між різними засобами для створення системи ШІ для аналізу телекомунікаційних систем, було враховано декілька ключових критеріїв. Для вирішення завдань штучного інтелекту, а також аналізу та обробки даних, визначено використання Python як основної мови програмування.

TensorFlow був обраний через його широкі можливості у глибокому навчанні та нейромережевих дослідженнях. Ця бібліотека надає готові інструменти для побудови, навчання та валідації нейронних мереж, а також

забезпечує інтерфейс для використання передових алгоритмів машинного навчання.

Створення нейронної мережі в TensorFlow зазвичай включає в себе кілька основних кроків: імпорт бібліотеки, визначення моделі, компіляцію та тренування. На рисунку 2.1 зображено частина коду для створення нейронної мережі за допомогою TensorFlow:

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import layers, models

# Завантаження даних для прикладу (може варіюватися залежно від вашого завда
(train_images, train_labels), (test_images, test_labels) = tf.keras.dat

# Перетворення даних
train_images = train_images.reshape((60000, 28, 28, 1)).astype('float32
test_images = test_images.reshape((10000, 28, 28, 1)).astype('float32')

# Кодування категоріальних міток
train_labels = tf.keras.utils.to_categorical(train_labels)
test_labels = tf.keras.utils.to_categorical(test_labels)

# Визначення моделі нейронної мережі
model = models.Sequential()
model.add(layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(28,
model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
model.add(layers.Flatten())
model.add(layers.Dense(64, activation='relu'))
model.add(layers.Dense(10, activation='softmax'))

# Компіляція моделі
model.compile(optimizer='adam',
              loss='categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

# Тренування моделі
model.fit(train_images, train_labels, epochs=10, validation_data=(test_
```

Рис. 2.1. Частина коду для створення простої нейронної мережі для класифікації зображень чи даних за допомогою бібліотеки TensorFlow та Keras API

Функції активації 'relu' використовуються для активації, а 'softmax' в останньому шарі нейронної мережі для отримання ймовірностей приналежності до кожного класу.

Для числових операцій та маніпулювання даними обрано бібліотеку NumPy, яка відома своєю ефективністю та зручністю у роботі з масивами. NumPy дозволяє здійснювати різноманітні операції з числовими даними та ефективно взаємодіяти з іншими бібліотеками для збору, обробки та аналізу даних. Надійність цієї бібліотеки у виконанні числових операцій та роботі з масивами дозволяє використовувати її для різноманітних завдань, не обов'язково пов'язаних із штучним інтелектом.

Обрана комбінація Python, TensorFlow та NumPy дозволяє використовувати різноманітні інструменти для вирішення завдань кваліфікаційної магістрської роботи та забезпечити оптимальний баланс між точність, продуктивністю та гнучкістю.

Створення нейронної мережі в Python, TensorFlow та NumPy зазвичай включає в себе кілька основних кроків: імпорт бібліотеки, визначення моделі, компіляцію та тренування нейронної мережі на якісних даних. На рисунку 2.2 зображено частина коду для створення нейронної мережі за допомогою Python, TensorFlow та NumPy:

```python
import numpy as np
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import layers, models

# Створення штучних даних для прикладу
np.random.seed(42)
X_train = np.random.rand(100, 10)  # 100 прикладів з 10 ознак
y_train = np.random.randint(2, size=(100, 1))  # 2 класи

# Створення моделі нейронної мережі
model = models.Sequential()
model.add(layers.Dense(32, activation='relu', input_shape=(10,)))
model.add(layers.Dense(1, activation='sigmoid'))  # Вихідний шар для бін

# Компіляція моделі
model.compile(optimizer='adam',
              loss='binary_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

# Тренування моделі
model.fit(X_train, y_train, epochs=10, batch_size=10)

# Приклад передбачення на нових даних
X_new = np.random.rand(5, 10)  # 5 нових прикладів
predictions = model.predict(X_new)

print("Predictions:")
print(predictions)
```

Рис. 2.2. Частина коду для створення простої нейронної мережі для класифікації зображень чи даних за допомогою бібліотеки TensorFlow та Keras API

У цьому коді створюється нейронна мережа з одним прихованим шаром з 32 нейронами та функцією активації ReLU. Модель використовує функцію активації sigmoid у вивідному шарі для бінарної класифікації. Використовується оптимізатор Adam та функцію втрати binary_crossentropy. Цей код представляє лише основи і може бути розширений або модифікований в залежності від конкретних потреб та даних вашого проекту.

Створення нейронних мереж за допомогою інструментів, таких як Python, TensorFlow та NumPy, є доступним та ефективним завданням. За допомогою високорівневих бібліотек, таких як TensorFlow та Keras, можна швидко та легко визначити архітектуру мережі, вибрати оптимальні параметри та навчити модель на ваших даних.

Python, як мова програмування, надає зручний та гнучкий інтерфейс для обробки даних, визначення моделей та взаємодії з іншими бібліотеками. TensorFlow, як одна з провідних бібліотек для роботи з глибоким навчанням, дозволяє легко створювати та тренувати нейронні мережі, добиваючись гарного результату.

NumPy використовується для роботи з матрицями та масивами, що є необхідним для ефективного опрацювання даних у контексті нейронних мереж. За допомогою цих інструментів ви можете легко реалізувати різноманітні моделі для вирішення завдань класифікації, регресії чи інших задач машинного навчання. Наявність високорівневих інтерфейсів у бібліотеках, таких як Keras, спрощує процес створення та вдосконалення моделей телекомунікаційних мереж, що робить цей підхід доступним навіть для тих, хто тільки починає вивчати глибоке навчання.

NumPy може використовуватися для моделювання телекомунікаційних систем, зокрема для обробки та аналізу сигналів, передачі даних та різноманітних обчислень у цьому контексті. Наведено приклад простої моделі

телекомунікаційної системи з використанням NumPy для генерації та обробки сигналів.

Фрагмент цього коду з використанням бібліотеки NumPy зображено на рисунку 2.3:

```python
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Генерація сигналу
original_signal = np.random.rand(100)

# Створення каналу передачі з шумом
noise = np.random.normal(0, 0.1, 100)
received_signal = original_signal + noise

# Відновлення сигналу (просто для прикладу)
restored_signal = received_signal - noise

# Відображення результатів
plt.figure(figsize=(10, 6))

plt.subplot(3, 1, 1)
plt.plot(original_signal)
plt.title('Оригінальний сигнал')

plt.subplot(3, 1, 2)
plt.plot(received_signal)
plt.title('Сигнал з шумом')

plt.subplot(3, 1, 3)
plt.plot(restored_signal)
plt.title('Відновлений сигнал')

plt.tight_layout()
plt.show()
```

Рис. 2.3. Фрагмент коду обробки сигналу з використанням бібліотеки NumPy

Припустимо, що ми моделюємо передачу даних через канал передачі з шумом. Необхідно згенерувати сигнал, передати його через канал і додати шум, а потім спробувати відновити оригінальний сигнал. Для цього можна використовувати бібліотеку NumPy для роботи з масивами та операцій лінійної алгебри.

У цьому прикладі використовується бібліотека NumPy для генерації випадкового оригінального сигналу, додавання шуму та відновлення сигналу. Важливо звернути увагу, що це лише демонстраційний приклад, і реальні телекомунікаційні системи можуть включати багато складніших аспектів. NumPy може бути використаний для численних обчислень у таких задачах, включаючи фільтрацію сигналів, розрахунок спектрів та інші операції обробки сигналів при моделюванні мережі.

3. ПРОЕКТУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТА ЇЇ АНАЛІЗ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Кваліфікаційна робота передбачає створення віртуального середовища, що відображає роботу реальної телекомунікаційної системи. Для цього у проекті використовуються різні інструменти і технології, зокрема мови програмування, бібліотеки для обробки даних, та алгоритми штучного інтелекту. В подальшому таке середовище дозволяє перевіряти роботу штучного інтелекту, навчати моделі та аналізувати результат їх роботи.

Процес включає створення детальної моделі реальної телекомунікаційної системи, узгодження параметрів та характеристик для максимальної подібності імітаційного середовища до реального. На основі цієї моделі проводяться експерименти та збираються дані, які подаються на вхід алгоритмам штучного інтелекту.

Проектування імітаційної моделі телекомунікаційної системи передбачає розробку комп'ютерної моделі, яка відображає реальну телекомунікаційну інфраструктуру. Ця модель може включати в себе різноманітні компоненти, такі як базові станції, маршрутизатори, комутатори, приймачі та інші елементи системи з урахуванням їх взаємодії та характеристик.

Аналіз цієї імітаційної моделі за допомогою засобів штучного інтелекту надає можливість виявити складності, оптимізувати роботу системи та вдосконалювати її ефективність. Методи машинного навчання можуть бути використані для прогнозування навантаження на канали передачі, виявлення аномалій, оптимізації маршрутизації та багатьох інших аспектів функціонування мережі.

Застосування методів машинного навчання та аналізу даних дозволяє автоматизувати процес обробки інформації, виявляти закономірності в роботі системи, а також розробляти ефективні стратегії управління для оптимізації продуктивності та виявлення можливих проблем. Аналіз засобами штучного

інтелекту означає використання методів машинного навчання, нейронних мереж та інших алгоритмів ШІ для обробки даних, отриманих під час імітації. Наприклад, система може використовувати алгоритми класифікації для розпізнавання типів сигналів, прогнозування ефективності передачі даних або автоматизації стратегій управління ресурсами.

В рамках аналізу телекомунікаційної системи за допомогою штучного інтелекту буде використано ряд технологій та методів для збору та обробки даних. Одним із головних завдань буде визначення можливостей покращення системи бездротової передачі інформації шляхом заміни або оптимізації окремих її елементів.

Штучний інтелект може використовуватись для аналізу великого обсягу даних, зіставлення різних варіантів конфігурацій системи та визначення оптимальних параметрів роботи. Методи машинного навчання дозволять виявити закономірності та залежності між різними компонентами телекомунікаційної системи.

Щодо визначення найслабших місць системи, штучний інтелект буде використовувати аналіз вразливостей та прогнозування можливих проблем. Враховуючи отримані дані, система може надавати рекомендації з покращення слабких місць, наприклад, шляхом зміни конфігурацій, впровадження нових технологій або забезпечення додаткової захисту вразливих компонентів. Такий аналіз дозволяє системі за допомогою штучного інтелекту самостійно виявляти можливості оптимізації та покращення, роблячи її більш ефективною та надійною.

Штучний інтелект також може бути використаний для реалізації "розумного" управління ресурсами системи, забезпечуючи оптимальне використання пропускної здатності, ефективні алгоритми маршрутизації та автоматичне виявлення та виправлення проблем.Такий підхід дозволяє не лише створити реалістичну імітаційну модель, а й використовувати штучний інтелект для покращення розуміння та оптимізації роботи бездротової телекомунікаційної

системи, що значно здешевить виконання подібних операцій у порівнянні з промисловим зразком. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення та оптимізації реальних телекомунікаційних систем, підвищення їх ефективності та стійкості до різних умов експлуатації.

3.1 Теоретичне обґрунтування імітаційної моделі

Теоретичне обґрунтування імітаційної моделі телекомунікаційної системи передбачає глибокий аналіз та теоретичне обґрунтування методології створення імітаційних моделей телекомунікаційних систем зі урахуванням впровадження штучного інтелекту. При розробці імітаційної моделі важливо враховувати теоретичні основи фізики електромагнітних полів, теорії інформації та телекомунікацій. Це дозволяє побудувати математичні моделі, які точно відтворюють фізичні процеси передачі сигналів, роботи антен, розповсюдження хвиль та інші аспекти.

Використання штучного інтелекту в даному контексті може означати розуміння та вивчення поведінки системи через аналіз великих обсягів даних, використання алгоритмів машинного навчання для вдосконалення прогнозів та оптимізації параметрів системи. Штучний інтелект може бути застосований для розпізнавання патернів у роботі системи, виявлення аномалій, адаптації до змінних умов тощо.

Такий підхід дозволяє покращити точність імітаційної моделі та забезпечити більш глибоке розуміння різноманітних сценаріїв взаємодії телекомунікаційних систем. Окрім того, він відкриває можливості для оптимізації та вдосконалення систем за допомогою автоматизованих методів аналізу та прийняття рішень, що базуються на аналізі великих обсягів даних.

Отже, теоретичне обґрунтування моделі спільно з використанням штучного інтелекту створює потужний інструмент для розуміння, аналізу та вдосконалення

телекомунікаційних систем, допомагаючи зробити їх більш ефективними та надійними.

Для розробки імітаційної моделі використовуються Python, NumPy та TensorFlow, як і для впровадження інструментів штучного інтелекту для аналізу готової моделі телекомунікаційної системи.

Python - це високорівнева, універсальна мова програмування, яка надає зручний синтаксис та велику кількість бібліотек. Він дозволяє легко і швидко писати код, що є важливим аспектом розробки імітаційної моделі, а також використовувати функції багатьох наукових бібліотек. Python також є популярним в середовищі аналізу даних і машинного навчання.

NumPy - це бібліотека Python для роботи з числовими даними. Вона надає доступ до багатьох функцій, корисних для наукових досліджень, які дозволяють зручно виконувати операції над числовими масивами. NumPy допомагає в ефективному представленні та обробці даних, що важливо для створення точної імітаційної моделі.

TensorFlow - це відкрита бібліотека машинного навчання, розроблена Google. Вона дозволяє створювати та тренувати моделі машинного навчання, що використовуються для аналізу та вдосконалення телекомунікаційних систем. TensorFlow надає інструменти для побудови нейронних мереж та використання їх для різних завдань.

Створення імітаційної моделі відбувається за допомогою Python та NumPy, ці інструменти використовуються для реалізації імітаційної моделі, яка відображає роботу телекомунікаційної системи з засобами бездротової передачі інформації.

Аналіз та оптимізація за допомогою штучного інтелекту відбувається з використанням бібліотеки TensorFlow, яка використовується для аналізу даних та застосування алгоритмів машинного навчання для визначення оптимальних параметрів системи. Штучний інтелект на базі мови програмування Python, у поєднанні з TensorFlow, надає засоби для реалізації штучного інтелекту, який

може адаптуватися та вдосконалювати систему на основі аналізу оброблених даних.

Використання цих інструментів у поєднанні дозволяє створювати потужні імітаційні моделі та впроваджувати інтелектуальні рішення для аналізу та вдосконалення телекомунікаційних систем з засобами бездротової передачі інформації.

3.2 Практичне застосування імітаційної моделі

Практичне застосування імітаційної моделі в контексті телекомунікацій може виявитися надзвичайно корисним для розв'язання конкретних завдань та вирішення проблем у сфері бездротових комунікацій, покращення результатів роботи існуючих систем передачі інформації та тих, які знаходяться лише на етапі проектування.

Моделювання та аналіз трафіку - імітаційна модель може допомогти вивченню розподілу трафіку в бездротових мережах. За допомогою імітацій можна відтворити різні сценарії, включаючи великі обсяги даних, невеликі затримки та періодичність передачі інформації. Це дозволяє аналізувати різні аспекти трафіку та оптимізувати ресурси.

Основним показником трафіку в телекомунікаційних системах є закон Шредінгера. Закон Шредінгера для передачі трафіку визначає зв'язок між пропускною здатністю (тобто кількістю бітів, які можуть бути передані за одиницю часу) і затримкою (часом, необхідним для передачі сигналу від джерела до приймача). Зазвичай він виражається такою формулою:

$$C = \frac{B}{\tau} \tag{3.1}$$

C - пропускна здатність (в бітах в секунду),

B - ширина смуги (в герцах),

τ - затримка (в секундах).

Ця формула є загальною, і може бути адаптована до різних ситуацій та технологій. Наприклад, у багатьох випадках може з'явитися додатковий член, враховуючий ефективність використання ширини смуги. У контексті пакетної передачі даних, де трафік подається у вигляді пакетів, формули можуть бути розширені для врахування ефективності протоколів та інших чинників, що залежать від будови системи.

Оцінка продуктивності мережі - імітаційні моделі можуть використовуватися для оцінки продуктивності бездротових мереж в залежності від різних факторів, таких як кількість підключених пристроїв, типи передавачів та характеристики каналу передачі даних. Це дозволяє розробникам та інженерам оптимізувати конфігурації мережі.

Вивчення антен та їх впливу - імітаційні моделі можуть бути використані для аналізу впливу різних типів антен та їх розташування на якість зв'язку. Це дозволяє визначити оптимальні конфігурації антен для покращення зони покриття та зменшення перешкод. Розробка та валідація алгоритмів маршрутизації - імітаційні моделі можуть допомагати у розробці та валідації алгоритмів маршрутизації в мережах. Можна вивчати ефективність різних стратегій маршрутизації та їх вплив на завантаження мережі.

Енергоефективність мережі часто визначається відношенням між корисною роботою (здійснюваною мережею) та витратами енергії, необхідними для її функціонування. Формула для енергоефективності може виглядати наступним чином:

$$E = \frac{\Delta W}{\Sigma E} \tag{3.2}$$

де:

ΔW - корисна робота,

ΣE - витрати енергії.

У контексті телекомунікаційних мереж, особливо при розгляді безпроводних мереж, енергоефективність може бути оцінена залежно від конкретного завдання. Давайте розглянемо один можливий підхід до визначення енергоефективності у безпровідних мережах.

Нехай E_t - загальна енергія, витрачена на передачу і прийом даних, T_t - час передачі, P_t - потужність передавача. Тоді витрати енергії на передачу можна визначити як

$$E_t = \frac{1}{P_t^{-1}} * T_t \tag{3.3}$$

Корисна робота може бути визначена як кількість переданих бітів, помножена на корисний коефіцієнт передачі (наприклад, BER - Bit Error Rate):

$$W_t = \text{Кількість біт} \times (1 - BER) \tag{3.4}$$

Отже, енергоефективність EE може бути визначена як:

$$EE = \frac{1}{E_t} * W_t \tag{3.5}$$

Це простий приклад, і в реальних ситуаціях може бути важко враховувати всі деталі та фактори. Енергоефективність мережі також може бути визначена на різних рівнях архітектури мережі та включати в себе витрати енергії на комутацію, роботу обладнання, резервування енергії тощо.

Оптимізація енергоспоживання - імітаційні моделі дозволяють аналізувати різні сценарії використання енергії в бездротових мережах. Це важливо для розробки оптимальних стратегій керування енергією, зокрема для пристроїв з обмеженим джерелом енергії.

Таким чином, імітаційні моделі в телекомунікаціях не лише дозволяють вивчати та аналізувати різні аспекти мережі, а й отримувати висновки, що допоможуть покращити результати роботи системи і зробити її більш ефективною. Моделі можуть служити для імітації атак на телекомунікаційні системи та визначення їх вразливостей. Це дозволяє розробникам розробляти більш ефективні заходи забезпечення інформаційної безпеки, і вдосконалювати інші можливі напрямки.

3.3 Створення імітаційної моделі в MatLab

Створення імітаційної моделі в MATLAB передбачає використання інтегрованого середовища розробки, щоб створити віртуальну модель реальної телекомунікаційної системи чи процесу. У цьому випадку, імітаційна модель спроектована для телекомунікаційної системи дозволить подальше тестування, аналіз та покращення її за допомогою використання потужностей штучного інтелекту.

Перший етап включає в себе визначення об'єкта моделювання, тобто телекомунікаційної системи. Це може включати в себе різні аспекти, такі як передавачі, приймачі, канали зв'язку, антени та інші складові системи.

Після визначення об'єкта моделювання потрібно вибрати методи моделювання та математичні моделі, які краще відповідають досліджуваній системі. У випадку телекомунікаційних систем, можна використовувати різні рівняння та алгоритми, щоб відобразити передачу та обробку сигналів з імітацією дії реального середовища.

Наступний крок - розробка програмного коду для імітаційної моделі в середовищі MATLAB. Використовуючи можливості мови програмування MATLAB, можна створювати функції та скрипти, що описують різні етапи роботи телекомунікаційної системи, такі як модуляція, демодуляція, шум та інші аспекти, що зустрічаються у реальній системі.

Далі, проводиться верифікація та тестування моделі, щоб переконатися, що вона вірно відтворює реальні умови. В цьому процесі важливо перевірити коректність алгоритмів, правильність використання математичних моделей та взаємодію всіх компонентів системи.

Після успішного тестування імітаційної моделі можна приступити до проведення експериментів та аналізу різних сценаріїв роботи телекомунікаційної системи. Також, враховуючи використання штучного інтелекту, можна автоматизувати аналіз та оптимізацію параметрів системи, забезпечуючи кращу ефективність та надійність.

Отже, створення імітаційної моделі в MATLAB дозволяє детально вивчати та оптимізувати телекомунікаційні системи, забезпечуючи їхню кращу продуктивність та адаптацію до різних умов роботи.

Simulink є інтегрованим середовищем моделювання та симуляції, яке розроблено MathWorks для візуального проектування систем. Головна особливість полягає в графічному інтерфейсі, де користувачі можуть побудувати моделі систем за допомогою блок-схем та діаграм. Бібліотека блоків надає різноманітні елементи для моделювання різних аспектів систем, включаючи сигнали, фільтри, математичні операції та інші.

Simulink підтримує симуляцію в реальному часі, що дозволяє аналізувати поведінку системи в умовах, наближених до реальних. Інтеграція з MATLAB забезпечує доступ до всіх можливостей цієї мови програмування для аналізу та обробки результатів.

Використання штучного інтелекту в Simulink, це відкриває можливості для оптимізації параметрів системи, аналізу великих обсягів даних та розв'язання

складних завдань симуляції. Комбінування Simulink та штучного інтелекту дозволяє ефективніше моделювати та аналізувати телекомунікаційні системи бездротової передачі.

Частина вхідного коду з функцією створення системи бездротової передачі в Simulink зображено на рисунку 3.1.

```
% Створення нового файлу моделі в Simulink
model = 'TelecommunicationSystem';
open_system(new_system(model));

% Додавання блоків для представлення різних частин системи
transmitter = add_block('simulink/Commonly Used Blocks/Scope', [model, '/Transmitter'
channel = add_block('simulink/Commonly Used Blocks/Transfer Fcn', [model, '/Channel']
receiver = add_block('simulink/Commonly Used Blocks/Scope', [model, '/Receiver']);

% Підключення блоків
add_line(model, 'Transmitter/1', 'Channel/1');
add_line(model, 'Channel/1', 'Receiver/1');

% Встановлення параметрів для кожного блоку (наприклад, передаточна функція для каналу)
set_param([model, '/Channel'], 'Numerator', '1', 'Denominator', '[1 2 1]');

% Запуск симуляції
sim(model);

% Відкриття діаграми моделі
open_system(model);
```

Рис. 3.1. Частина вхідного коду з функцією створення системи бездротової передачі в Simulink

Для обробки інформації у середовищі Python необхідно вигрузити дамп отриманих у Matlab параметрів у файл, який далі буде розшифровано скриптом.

До файлу записуються всі необхідні параметри в машинному форматі, які у майбутньому буде зручно сортувати, обробляти та аналізувати за допомогою штучного інтелекту. На рисунку 3.2 зображено частина коду для завантаження даних з середовища MatLab для обробки за допомогою мови програмування Python.

```matlab
% export_data.m
sim('your_simulink_model');
save('simulink_output.mat', 'output_signal1', 'output_signal2', ...);
```

Рис. 3.2. Частина коду MatLab для передачі інформації з середовища до скрипта Python

На рисунку 3.3 приводиться приклад підвантаження файлу з записами інформації про сигнали, збережені в середовищі MatLab за допомогою мови програмування Python для подальшої обробки з використанням штучного інтелекту.

```python
import pymat
import numpy as np

# Завантажте дані з файлу, що був створений у Matlab
mat_data = pymat.loadmat('simulink_output.mat')

# Отримайте значення сигналів
output_signal1 = np.array(mat_data['output_signal1'])
output_signal2 = np.array(mat_data['output_signal2'])
```

Рис. 3.3. Приклад завантаження дампу сигналив, збережених в MatLab через Python для подальшої обробки

Тут використовується ще одна бібліотека для поєднання форматів середовищ Matlab та Python. Pymat - це бібліотека для взаємодії між Python та Matlab. Вона надає можливість читання та запису даних між цими двома середовищами. Основними функціями Pymat є loadmat та savemat, які дозволяють читати та записувати файли .mat відповідно.

Для того, щоб отримувати інформацію максимально наближену до реальних умов, в середовищі Matlab необхідно провести модуляцію всіх модулей телекомунікаційної системи, їх параметрів та взаємодії. При виконанні цих дій середовище дозволяє побудувати максимально точну імітацію реальної системи з результатами роботи, які будуть максимально наближені до реальних показників бездротової системи.

На рисунку 3.4 зображено приклад генерації синусоїдального сигналу з частотою 1 Гц та амплітудою 1, після чого його вивід на графіку. Можна налаштувати параметри сигналу відповідно до потреб поведінки цього елементу системи.

```matlab
% Параметри сигналу
f = 1;              % Частота сигналу (Гц)
t = 0:0.001:1;      % Вектор часу від 0 до 1 секунди з кроком 1 мілісекунди
amplitude = 1;      % Амплітуда сигналу

% Генерація сигналу
signal = amplitude * sin(2 * pi * f * t);

% Виведення сигналу на графік
figure;
plot(t, signal);
title('Передача сигналу');
xlabel('Час (с)');
ylabel('Амплітуда');

% Встановлення осей
grid on;
```

Рис. 3.4. Приклад коду для генерації синусоїдального сигналу з частотою 1 Гц у середовищі Matlab

Коли закінчення створення імітаційної моделі бездротової телекомунікаційної системи передачі інформації в MATLAB відкривається можливість проведення різноманітних тестів та експериментів для отримання цінних даних та вдосконалення функціональності системи. Наприклад, можна досліджувати взаємодію різних компонентів системи, оцінювати вплив змінних параметрів на її продуктивність і ефективність. Також можна проводити аналіз стійкості системи в різних умовах, імітації роботи та аварій, таких як зміни в середовищі або наявність перешкод.

На рисунку 3.5 зображено приклад генерації різнопланового сигналу із використанням Matlab:

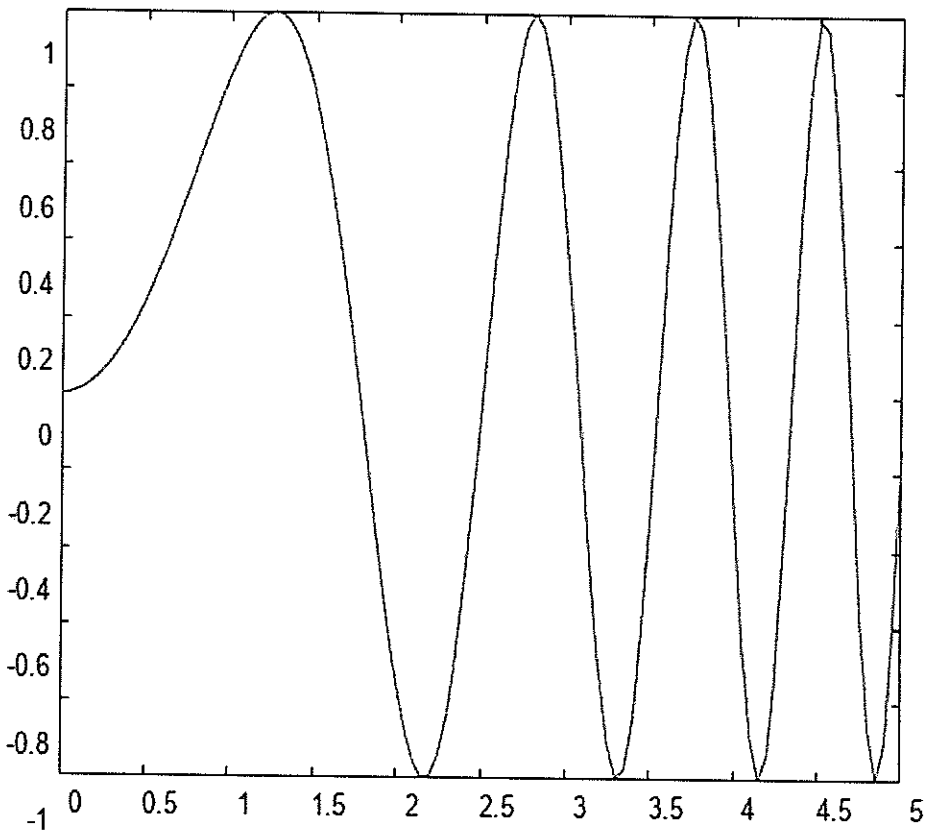


Рис. 3.5. Приклад генерації сигналу з різною амплітудою у середовищі Matlab

Аналіз телекомунікаційних систем в Matlab включає в себе різноманітні завдання, такі як аналіз сигналів, оцінка пропускної здатності, моделювання каналів передачі даних, та інші. Один з напрямків аналізу сигналів з використанням Matlab. Припустимо, є радіосигнал, який представляє собою частину телекомунікаційної системи, і потрібно його проаналізувати, визначити параметри та вивести характеристики. Далі зображено приклад генерації синусоїдального сигналу з амплітудою та використання Matlab для його аналізу на рисунку 3.6:

```matlab
% Генерація сигналу
fs = 1000; % частота дискретизації
t = 0:1/fs:1; % вектор часу від 0 до 1 секунди
f = 50; % частота сигналу 50 Гц
signal = sin(2*pi*f*t);

% Аналіз сигналу
figure;
subplot(2,1,1);
plot(t, signal);
title('Сигнал у часовому домені');
xlabel('Час (секунди)');
ylabel('Амплітуда');

subplot(2,1,2);
frequencies = linspace(0, fs/2, length(signal)/2);
fft_result = abs(fft(signal));
plot(frequencies, fft_result(1:length(frequencies)));
title('Спектр сигналу');
xlabel('Частота (Гц)');
ylabel('Амплітуда');

% Оцінка частоти сигналу
[~, idx] = max(fft_result(1:length(frequencies)));
estimated_frequency = frequencies(idx);
disp(['Оцінена частота сигналу: ', num2str(estimated_frequency), ' Гц']);
```

Рис. 3.6. Приклад коду для аналізу синусоїдального сигналу з частотою 1 Гц у середовищі Matlab

У цьому коді генерується та аналізується синусоїдальний сигнал, будується його графік у часовому домені та його спектр за допомогою швидкого перетворення Фур'є (FFT). Після цього оцінюємо частоту сигналу, знаходячи позначений пік на спектрі.

Далі зображенорезультат генерації синусоїдального сигналу в середовищі Matlab для його аналізу на рисунку 3.7:

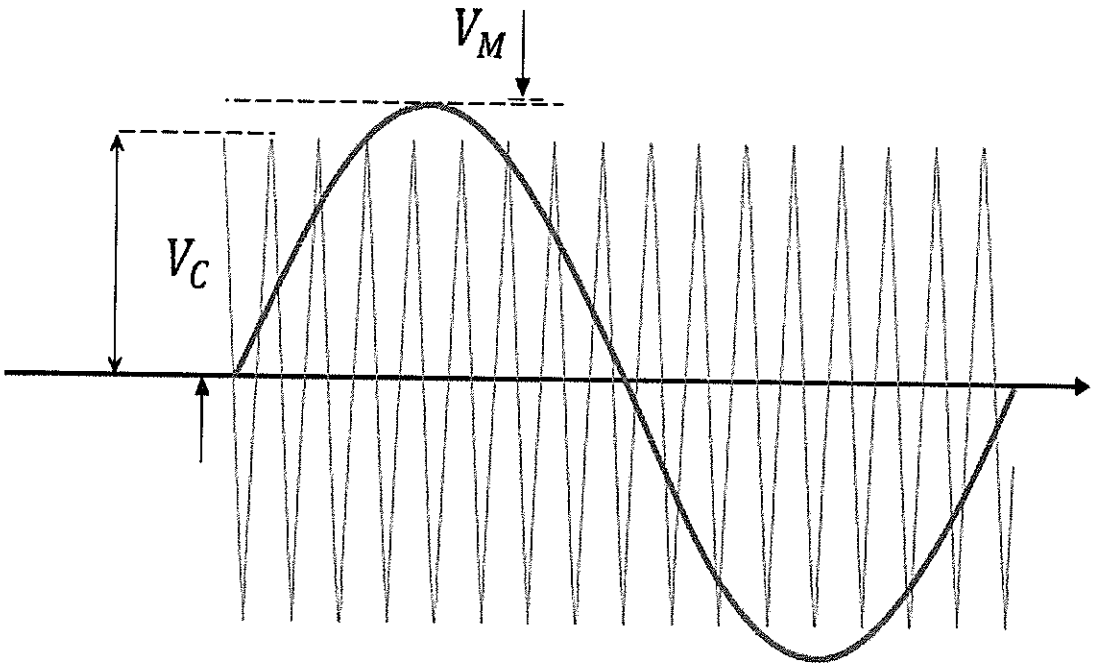


Рис. 3.7. Вигляд синусоїдального сигналу з частотою 1 Гц, згенерованого у середовищі Matlab

У Matlab є можливість згенерувати сигнал і додати до нього завади для симуляції реальних умов. Приклад генерації синусоїдального сигналу з додаванням білого шуму в середовищі Matlab для його аналізу зображено на рисунку 3.8:

```
% Параметри сигналу
amplitude = 1;      % Амплітуда сигналу
frequency = 5;      % Частота сигналу (герц)
duration = 2;       % Тривалість сигналу (секунди)

% Генерація синусоїдального сигналу
t = linspace(0, duration, 1000);  % Вектор часу
signal = amplitude * sin(2 * pi * frequency * t);

% Додавання білого шуму
noise_amplitude = 0.2;  % Амплітуда шуму
noisy_signal = signal + noise_amplitude * randn(size(t));

% Побудова графіків
figure;
subplot(2,1,1);
plot(t, signal);
title('Синусоїдальний сигнал без шуму');
xlabel('Час (секунди)');
ylabel('Амплітуда');

subplot(2,1,2);
plot(t, noisy_signal);
title('Синусоїдальний сигнал з білим шумом');
xlabel('Час (секунди)');
ylabel('Амплітуда');
```

Рис. 3.8. Частина коду для додавання білого шуму до сигналу, згенерованого у середовищі Matlab

У Matlab є можливість згенерувати значну кількість сигналів і додати їх один до одного для імітації інтерференції у середовищі. Приклад генерації

інтерференції сигналів в середовищі Matlab для його аналізу зображено на рисунку 3.9:

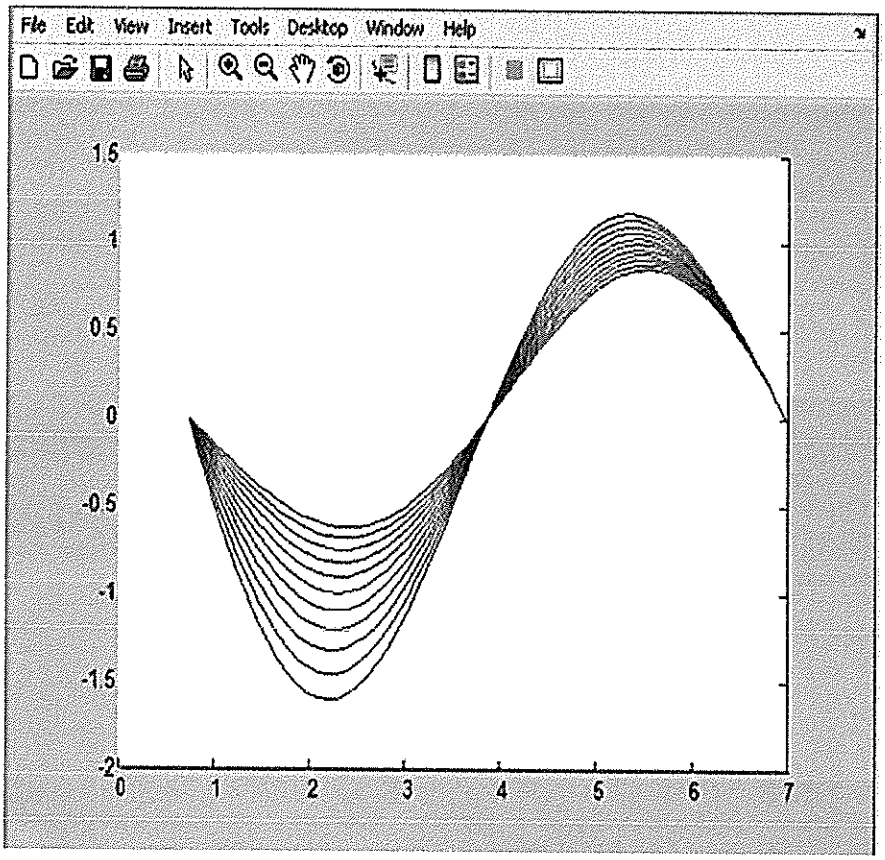


Рис. 3.9. Візуалізація інтерференції подібних за частотою сигналів у середовищі Matlab

Побудована і налагоджена модель системи вищеописаними методами передає інформацію в середовище мови програмування Python. Там відбувається попередня обробка, фільтрація, сортування та пост-обробка вхідних даних. Таким чином з величезного об'єму інформації відбираються лише якісні дані, які і слугують основою для навчання системи штучного інтелекту, що дозволяє отримати максимально якісну модель мінімальних розмірів. Така модель забезпечує максимально можливу швидкодію, зберігаючи потрібну точність результатів.

Інтерференція сигналів - це явище взаємодії між двома чи більше сигналами, що може призводити до змін в їхній формі, амплітуді або фазі. Це

може відбуватися в різних контекстах, таких як телекомунікаційні системи, радіо, телебачення, акустичні системи та інші області. Інтерференція може бути бажаною або небажаною, в залежності від ситуації.

Є два основних типи інтерференції:

- Конструктивна інтерференція:
  - Виникає, коли два або більше сигнали перетинаються у такий спосіб, що їхні амплітуди додаються разом.
  - В результаті цього процесу може виникнути сигнал із збільшеною амплітудою, що дозволяє підвищити сигнал-шумове відношення та покращити якість сигналу.
  - Це часто використовується у радіоінженерії для підсилення передачі сигналів.
- Деструктивна інтерференція:
  - Сигнали перетинаються так, що їхні амплітуди взаємно взаємодіють так, що вони взаємно зменшують один одного чи підвищують рівень шуму.
  - Може призводити до амплітудного або повного приглушення сигналу в певних точках простору або в певні моменти часу при передачі сигналу.
  - Це може статися, наприклад, у мережах бездротового зв'язку, коли сигнали від різних пристроїв конфліктують між собою, погіршуючи якість передачі.

Інтерференція може бути також класифікована за типом хвиль, що викликають інтерференцію:

- Інтерференція акустичних хвиль: Спостерігається у звуковій області, де акустичні хвилі можуть перетинатися та взаємодіяти.
- Інтерференція електромагнітних хвиль: Відбувається у радіо, телевізійних та мобільних комунікаціях, коли електромагнітні хвилі взаємодіють між собою.

- Інтерференція світлових хвиль: Виникає в оптиці, коли світлові хвилі перетинаються та взаємодіють, наприклад, при відбиванні світла від тонких плівок.

Забезпечення управління інтерференцією є важливим завданням в розробці та експлуатації телекомунікаційних систем для забезпечення надійності та якості передачі сигналів.

Розрахунок інтерференції в радіозв'язку може варіюватися в залежності від конкретного сценарію та умов передачі даних. Однак основні поняття та деякі загальні формули можна врахувати.

Сумарна потужність сигналу (S):

Сумарна потужність сигналу визначається як сума потужностей всіх корисних сигналів.

$$S = \sum_{i=1}^{N} P_i \tag{3.6}$$

де:

P_i - потужність i-го корисного сигналу, а

N - кількість корисних сигналів.

Сумарна потужність шуму (N):

Сумарна потужність шуму визначається як сума потужностей всіх джерел шуму, включаючи термінальний шум та інші джерела шуму.

$$N = \sum_{j=1}^{M} P_j \tag{3.7}$$

де:

P_j - потужність j-го джерела шуму, а

M - кількість джерел шуму.

Сигнал-шум (SNR):

Сигнал-шум (Signal-to-Noise Ratio) визначається як відношення сумарної потужності сигналу до сумарної потужності шуму.

$$SNR = \frac{S}{N} \tag{3.8}$$

Чим більше SNR, тим менше інтерференції та краща якість сигналу.

Міжсистемна інтерференція (ISI):

Міжсистемна інтерференція виникає від перекриття сигналів між різними символами в каналі передачі.

$$ISI = \sum_{k=1}^{K} I_k \tag{3.9}$$

де:

I_k - інтерференція для k-го символу, а

K - кількість символів.

Ці формули представляють загальний підхід до розрахунків інтерференції в радіозв'язку. Реальні розрахунки можуть бути складнішими, залежно від конкретних параметрів системи та умов передачі даних.

За допомогою визначених формул можна здійснювати розрахунки, спрямовані на оцінку ефективності та робастності радіозв'язку в умовах інтерференції. Основні параметри, що визначаються, включають сумарну потужність сигналу (S), сумарну потужність шуму (N), відношення сигнал-шум (SNR) та міжсистемну інтерференцію (ISI).

Сигнал-шум (SNR) є критичним показником ефективності радіозв'язку, відображаючи співвідношення сигналу та шуму в системі. Чим вище SNR, тим краще якість сигналу та менше ймовірність інтерференції. Оцінка міжсистемної інтерференції (ISI) важлива для визначення можливостей системи передачі даних пристосовуватися до змін у каналі.

Допоміжні формули для розрахунку сумарної потужності сигналу та шуму дозволяють враховувати всі компоненти, що впливають на ефективність радіозв'язку. Врахування цих параметрів дозволяє розуміти, як різні фактори

взаємодіють між собою та впливають на якість та надійність передачі даних в умовах інтерференції.

Зважаючи на загальні принципи інтерференції, представлено фрагмент коду в MATLAB для моделювання простого сценарію інтерференції двох сигналів, зображено на рисунку 3.10:

```matlab
% Параметри сигналів та каналу
Fs = 1000;            % Частота дискретизації
t = 0:1/Fs:1;         % Вектор часу від 0 до 1 секунди
f1 = 10;              % Частота першого сигналу
f2 = 20;              % Частота другого сигналу

% Створення сигналів
signal1 = sin(2*pi*f1*t);   % Перший сигнал
signal2 = sin(2*pi*f2*t);   % Другий сигнал

% Інтерференція: Сумування сигналів
interference = signal1 + signal2;

% Відображення результатів
figure;

subplot(3,1,1);
plot(t, signal1);
title('Перший сигнал');

subplot(3,1,2);
plot(t, signal2);
title('Другий сигнал');

subplot(3,1,3);
plot(t, interference);
title('Інтерференція (Сума сигналів)');

sgtitle('Моделювання Інтерференції Сигналів');
```

Рис. 3.10. Фрагмент моделювання інтерференції у середовищі Matlab

У цьому фрагменті коду створюються два сигнали з різними частотами, і потім їх сума використовується для представлення інтерференції. Можна змінювати параметри, такі як частоти сигналів та частота дискретизації, для необхідності аналізу в роботі.

У висновку варто зазначити, що використання змодульованих операцій у середовищі MATLAB створює широкі можливості для проектування та аналізу реальних телекомунікаційних систем. Інтеграція різних модулів дозволяє створювати різноманітні сценарії, що точно відтворюють реальні умови передачі даних. Використання змодульованих фізичних процесів та операцій дозволяє моделювати різні типи сигналів, зокрема аналогові та цифрові, з різними параметрами. Це дозволяє проводити детальний аналіз та тестування різноманітних сценаріїв з впливом різних чинників на ефективність передачі даних.

Змодульовані операції в MATLAB забезпечують зручний інструментарій для модуляції та демодуляції сигналів, що є ключовим етапом у передачі та отриманні інформації. Моделювання інтерференції надає можливість вивчення впливу зовнішніх сигналів на систему, що є важливим для забезпечення стабільності телекомунікаційного зв'язку. Застосування інструментів аналізу сигналів у MATLAB сприяє зручному вивченню параметрів сигналів, таких як частота, амплітуда, та співвідношення сигнал-шум. Це є важливим етапом для вдосконалення та оптимізації телекомунікаційних систем.

Змодульовані операції в поєднанні з нейронними мережами створюють нові можливості для автоматизації аналізу та управління телекомунікаційними системами. Використання нейронних мереж дозволяє ефективно прогнозувати та оптимізувати параметри системи в реальному часі, а також виявляти аномалії та інтерференції. Цей комплексний підхід спрямований на глибше розуміння та оптимізацію телекомунікаційних систем, забезпечуючи їхню ефективність та надійність у реальних умовах експлуатації.

У цьому розділі роботи ставився акцент на проектуванні імітаційної моделі телекомунікаційної системи та проведенні аналізу з використанням засобів штучного інтелекту. Під час вивчення цієї теми враховано різні аспекти та компоненти, які визначають ефективність та надійність телекомунікаційних систем.

Створення імітаційної моделі важливо для тестування та аналізу різних сценаріїв роботи системи в контрольованому середовищі. Застосування штучного інтелекту дозволяє автоматизувати процеси прийняття рішень та оптимізації функцій системи.

Проведений аналіз засобами штучного інтелекту дозволив краще розуміти взаємодію компонентів системи та прогнозувати її роботу в різних умовах. Інтеграція штучного інтелекту допомагає вдосконалювати процеси управління та підвищувати продуктивність системи.

Основні висновки, отримані в ході роботи, стосуються важливості моделювання та аналізу телекомунікаційних систем перед їх впровадженням у реальні умови. Засоби штучного інтелекту відкривають нові можливості для підвищення ефективності та надійності засобів зв'язку, роблячи їх більш гнучкими та адаптивними до змінних умов.

Результати цього дослідження можуть служити основою для подальших досліджень та розробок у сфері телекомунікацій та штучного інтелекту, сприяючи подальшому розвитку та вдосконаленню сучасних систем зв'язку.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було проведено глибокий аналіз та дослідження різних засобів передачі для оптимізації ефективності та надійності бездротових комунікаційних систем у контексті розповсюджених радіочастот. Основною метою роботи було визначення оптимальних засобів передачі, які забезпечують ефективність та надійність у ситуаціях, пов'язаних з широким діапазоном радіочастот. У ході дослідження були розглянуті різні технології та пристрої для передачі сигналів на розповсюджених радіочастотах, такі як антени, модулятори, демодулятори, та інші. Вивчено їх технічні характеристики, ефективність та вплив на якість передачі інформації.

В ході виконання магістерської роботи MATLAB відіграв критичну роль у моделюванні та аналізі засобів передачі для розповсюджених радіочастот. Використання цього середовища дозволило враховувати різноманітні технічні параметри та здійснювати моделювання системи для отримання високоякісних результатів. Основні частоти, які досліджувались у рамках роботи, включали широкий діапазон радіочастот, від низьких до високих значень. Особлива увага була приділена найбільш розповсюдженим частотам, таким як 2.4 ГГц та 5.8 ГГц, що використовуються у бездротових мережах Wi-Fi та інших телекомунікаційних системах.

Однією з ключових задач роботи було визначення оптимальних параметрів та конфігурацій антен, що дозволило максимізувати якість передачі сигналу при роботі на розповсюджених радіочастотах. Результати експериментів та аналізу показали, що вибір правильних засобів передачі важливий для оптимального функціонування бездротових систем у зоні розповсюджених радіочастот. В роботі також розглянуті різні сценарії використання та застосування обраного обладнання, зокрема, в контексті розповсюджених радіочастот у сучасних телекомунікаційних системах та мережах зв'язку.

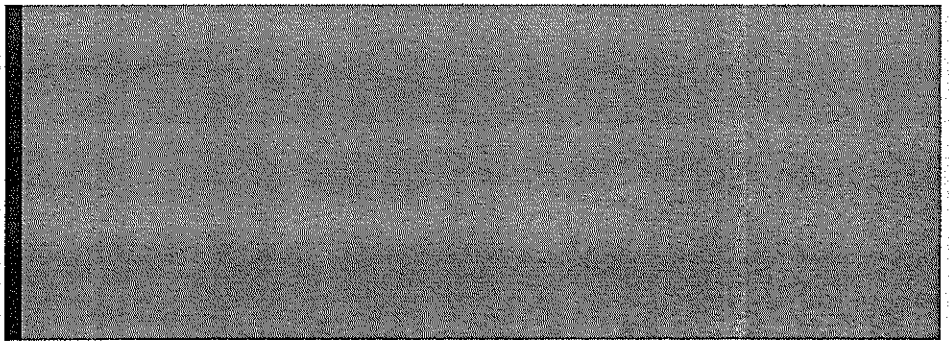
Досліджено та порівняно різні типи антен, включаючи антени типу Ягі та інші, з метою вибору оптимальної антени для основних частот. Виявлено, що антени типу Ягі, завдяки своїм характеристикам усилення та діаграми напрямленості, можуть бути ефективними для використання в розповсюджених радіочастотних середовищах. Отже, застосування MATLAB у поєднанні з дослідженням ключових частот та вибором оптимальних антен дало можливість ретельно аналізувати та визначати параметри передачі для розповсюджених радіочастот. Це дозволило отримати значущі висновки та рекомендації, спрямовані на покращення та оптимізацію бездротових телекомунікаційних систем.

Загальний висновок полягає в тому, що правильний вибір засобів передачі для розповсюджених радіочастот є ключовим етапом при розробці та експлуатації бездротових систем. Оптимально підібрані засоби передачі забезпечують надійну та ефективну роботу систем у різноманітних умовах і можуть бути визначальним фактором для досягнення поставлених цілей у сучасних телекомунікаційних та радіозв'язкових системах. Отриманий результат вказує на важливість правильного вибору засобів передачі для оптимізації бездротових комунікаційних систем у сучасному технологічному середовищі. Отримані результати та висновки можуть слугувати базою для подальших досліджень та розвитку бездротових технологій на розповсюджених радіочастотах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ioannis A. Bartsiokas, Panagiotis K. Gkonis, Dimitra I. Kaklamani, Iakovos S. Venieris, "A DL-Enabled Relay Node Placement and Selection Framework in Multicellular Networks", *IEEE Access*, vol.11, pp.65153-65169, 2023.
2. I. A. Bartsiokas, P. K. Gkonis, D. I. Kaklamani and I. S. Venieris, "ML-based radio resource management in 5G and beyond networks: A survey", IEEE Access, vol. 10, pp. 83507-83528, 2022.
3. H. Garg and M. Dave, "Securing IoT Devices and SecurelyConnecting the Dots Using REST API and Middleware," 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), Ghaziabad, India, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/IoT-SIU.2019.8777334.
4. A. Saxena, K. Shinghal, R. Misra and A. Agarwal, "Automated Enhanced Learning System using IOT," 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), Ghaziabad, India, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/IoT-SIU.2019.8777711.
5. Лещишин Ю. З. Розробка системи зв'язку як інтегрованого елементу роботизованих систем / Ю.З. Лещишин, Н.Р. Романишин, В.В. Наконечний, А.О. Паламарчук // Проблеми створення, розвитку та застосування високотехнологічних систем спеціального призначення з урахуванням досвіду антитерористичної операції. Збірник тез доповідей XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Житомир, 2016. с. 98.
6. Пархоменко В.В. Метод забезпечення надійності доставляння інформації у телекомунікаційній системі / Ю.В. Мельник, В.Л. Пархоменко, В.В. Пархоменко, А.С. Щепак, С.А. Мрожик // «Зв'язок». – 2020. – №2(144). – С. 21-27.
7. Пархоменко В.В. Основи телебачення та радіомовлення / В.І. Кравченко, В.Л. Пархоменко, В.В. Пархоменко // Навчальний посібник. - Київ.: Дистанційне навчання. – 2019.

8. Circular wire-bundle superscatterer / S. Kosulnikov, D. Vovchuk, R. Noskov [et al.] // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2022. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/ S0022407322000024
9. Макаренко А.О. Радіотехнології наступного покоління / А.О. Макаренко, В.І. Кравченко // Навчальний посібник - К.: ДУТ, 2019 - 186 - 200 с.
10. Пархоменко В.В. Основи телебачення та радіомовлення / В.І. Кравченко, В.Л. Пархоменко, В.В. Пархоменко // Навчальний посібник. - Київ.: Дистанційне навчання. – 2019.
11. User's Guide. Communications Toolbox [Електронний ресурс] / User's Guide. The MathWorks. 2000. URL: https://edulab.unitn.it/nfs/Manualistica/Software/MathWorks%20Guide/comm/comm.pdf (дата звернення: 10.11.2020).



Державна атестаційна робота кваліфікаційного рівня магістр на тему: “Використання штучного інтелекту для аналізу джерел радіовипромінення”

Виконав: здобувач(ка) вищої освіти гр. АРДМ-61
Ярослав ІВАСЕНКО
Ім’я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: Володимир ПАРХОМЕНКО
науковий ступінь, вчене звання: *доцент кафедри, кандидат технічних наук*

Актуальність магістерської роботи

Актуальність даної магістерської роботи визначається широким спектром сучасних викликів і тенденцій у галузі телекомунікацій та управління радіочастотним спектром. У сучасному світі бездротові технології невпинно розвиваються, що призводить до постійного зростання обсягу використання бездротового зв'язку. З цього випливає необхідність ефективного управління цим ресурсом та вирішенням проблем, пов'язаних із забрудненням та перенасиченістю спектра.

Метою магістерської роботи

є комплексний аналіз та оптимізація процесів виявлення, ідентифікації та характеризації джерел радіовипромінення за допомогою методів штучного інтелекту. В роботі досліджується використання алгоритмів машинного навчання та інших методів штучного інтелекту для автоматизованого оброблення великого обсягу даних, отриманих від різноманітних датчиків та приладів, які реєструють радіочастотне випромінювання.

Об'єктом дослідження магістерської роботи

є система передачі інформації з джерелом радіовипромінювання. У роботі проведено аналіз та оцінку радіочастотного спектра, визначення параметрів та характеристик джерел радіовипромінення. Використання штучного інтелекту спрямоване на автоматизацію процесу обробки та аналізу великого обсягу даних, що дозволяє ефективно виявляти, класифікувати та вивчати різноманітні джерела радіовипромінення.

Предметом дослідження магістерської роботи

є комплексний аналіз та оптимізація процесів виявлення, ідентифікації та характеризації джерел радіовипромінення за допомогою методів штучного інтелекту. В роботі досліджується використання алгоритмів машинного навчання та інших методів штучного інтелекту для автоматизованого оброблення великого обсягу даних, отриманих від різноманітних датчиків та приладів, які реєструють радіочастотне випромінювання.

Математичний апарат магістерської моделі

$$SNR(dB) = 10log_{10}(\frac{P_{сиг}}{P_{шум}})$$

де:

$P_{сиг}$ - потужність сигналу,

$P_{шум}$ - потужність шуму.

$$S = \sum_{i=1}^{N} P_i$$

де:

P_i - потужність i-го корисного сигналу, а

N - кількість корисних сигналів.

$$C = \frac{B}{\tau}$$

C - пропускна здатність (в бітах в секунду),

B - ширина смуги (в герцах),

τ - затримка (в секундах).

$$SNR(dB) = 20log_{10}(\frac{V_{rms,signal}}{V_{rms,signal}})$$

Проведені розрахунки в імітаційній моделі

Частина коду для додавання білого шуму

до сигналу, згенерованого у середовищі Matlab

matlab Copy code

```matlab
% Параметри сигналу
f = 1;              % Частота сигналу (Гц)
t = 0:0.001:1;      % Вектор часу від 0 до 1 секунди з кроком 1 мілісекунди
amplitude = 1;      % Амплітуда сигналу

% Генерація сигналу
signal = amplitude * sin(2 * pi * f * t);

% Виведення сигналу на графік
figure;
plot(t, signal);
title('Передача сигналу');
xlabel('Час (с)');
ylabel('Амплітуда');

% Встановлення осей
grid on;
```

```matlab
% Параметри сигналу
amplitude = 1;      % Амплітуда сигналу
frequency = 5;      % Частота сигналу (герц)
duration = 2;       % Тривалість сигналу (секунди)

% Генерація синусоїдального сигналу
t = linspace(0, duration, 1000);  % Вектор часу
signal = amplitude * sin(2 * pi * frequency * t);

% Додавання білого шуму
noise_amplitude = 0.2;  % Амплітуда шуму
noisy_signal = signal + noise_amplitude * randn(size(t));

% Побудова графіків
figure;
subplot(2,1,1);
plot(t, signal);
title('Синусоїдальний сигнал без шуму');
xlabel('Час (секунди)');
ylabel('Амплітуда');

subplot(2,1,2);
plot(t, noisy_signal);
title('Синусоїдальний сигнал з білим шумом');
xlabel('Час (секунди)');
ylabel('Амплітуда');
```

Імітаційна модель системи

```python
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import layers, models

# Завантаження даних для прикладу (може варіюватися залежно від вашого завдан
(train_images, train_labels), (test_images, test_labels) = tf.keras.dat

# Перетворення даних
train_images = train_images.reshape((60000, 28, 28, 1)).astype('float32
test_images = test_images.reshape((10000, 28, 28, 1)).astype('float32')

# Кодування категоріальних міток
train_labels = tf.keras.utils.to_categorical(train_labels)
test_labels = tf.keras.utils.to_categorical(test_labels)

# Визначення моделі нейронної мережі
model = models.Sequential()
model.add(layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(28,
model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
model.add(layers.Flatten())
model.add(layers.Dense(64, activation='relu'))
model.add(layers.Dense(10, activation='softmax'))

# Компіляція моделі
model.compile(optimizer='adam',
              loss='categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

# Тренування моделі
model.fit(train_images, train_labels, epochs=10, validation_data=(test_
```

python Copy code

```python
import numpy as np
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import layers, models

# Створення штучних даних для прикладу
np.random.seed(42)
X_train = np.random.rand(100, 10)  # 100 прикладів з 10 ознак
y_train = np.random.randint(2, size=(100, 1))  # 2 класи

# Створення моделі нейронної мережі
model = models.Sequential()
model.add(layers.Dense(32, activation='relu', input_shape=(10,)))
model.add(layers.Dense(1, activation='sigmoid'))  # Вихідний шар для бін

# Компіляція моделі
model.compile(optimizer='adam',
              loss='binary_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

# Тренування моделі
model.fit(X_train, y_train, epochs=10, batch_size=10)

# Приклад передбачення на нових даних
X_new = np.random.rand(5, 10)  # 5 нових прикладів
predictions = model.predict(X_new)

print("Predictions:")
print(predictions)
```

```
% Створення нового файлу моделі в Simulink
model = 'TelecommunicationSystem';
open_system(new_system(model));

% Додавання блоків для представлення різних частин системи
transmitter = add_block('simulink/Commonly Used Blocks/Scope', [model, '/Tran
channel = add_block('simulink/Commonly Used Blocks/Transfer Fcn', [model, '/C
receiver = add_block('simulink/Commonly Used Blocks/Scope', [model, '/Receive

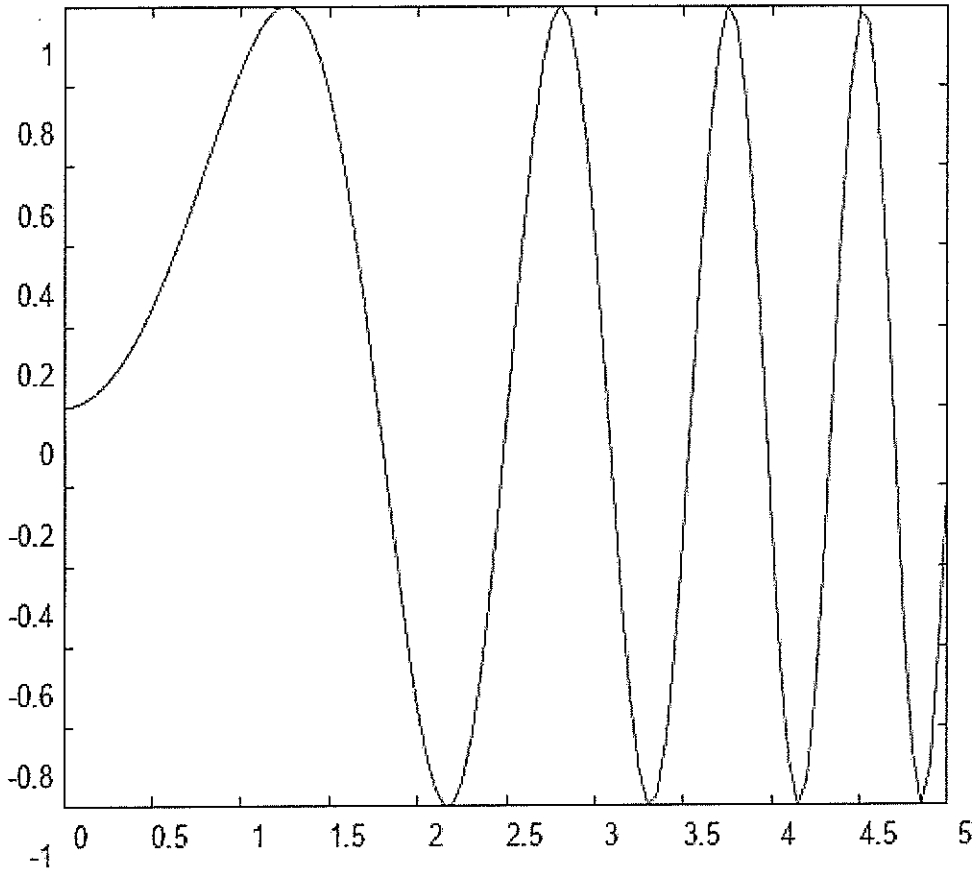
% Підключення блоків
add_line(model, 'Transmitter/1', 'Channel/1');
add_line(model, 'Channel/1', 'Receiver/1');

% Встановлення параметрів для кожного блоку (наприклад, передаточна функція для кан
set_param([model, '/Channel'], 'Numerator', '1', 'Denominator', '[1 2 1]');

% Запуск симуляції
sim(model);

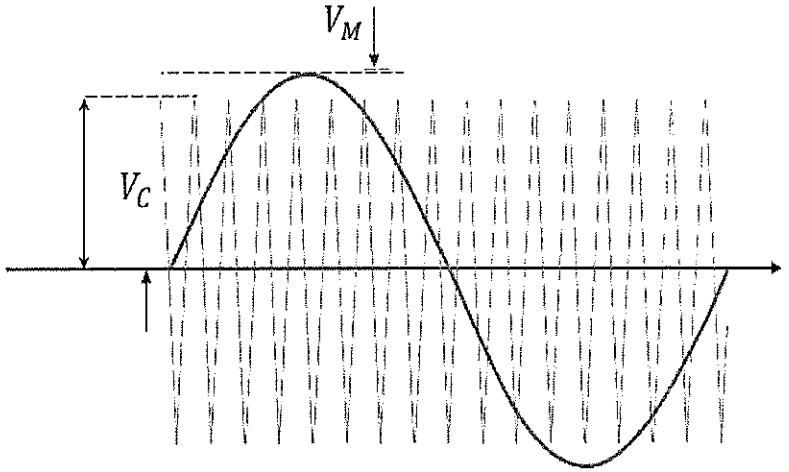
% Відкриття діаграми моделі
open_system(model);
```

Результат роботи імітаційної моделі



Вигляд синусоїдального сигналу з частотою 1 Гц, згенерованого у середовищі Matlab

Приклад генерації сигналу з різною амплітудою у середовищі Matlab



Результат магістерської роботи

Досліджено та порівняно різні типи антен, включаючи антени типу Ягі та інші, з метою вибору оптимальної антени для основних частот. Виявлено, що антени типу Ягі, завдяки своїм характеристикам усилення та діаграми напрямленості, можуть бути ефективними для використання в розповсюджених радіочастотних середовищах. Отже, застосування MATLAB у поєднанні з дослідженням ключових частот та вибором оптимальних антен дало можливість ретельно аналізувати та визначати параметри передачі для розповсюджених радіочастот. Це дозволило отримати значущі висновки та рекомендації, спрямовані на покращення та оптимізацію бездротових телекомунікаційних систем.

Висновки

Загальний висновок полягає в тому, що правильний вибір засобів передачі для розповсюджених радіочастот є ключовим етапом при розробці та експлуатації бездротових систем. Оптимально підібрані засоби передачі забезпечують надійну та ефективну роботу систем у різноманітних умовах і можуть бути визначальним фактором для досягнення поставлених цілей у сучасних телекомунікаційних та радіозв'язкових системах. Отриманий результат вказує на важливість правильного вибору засобів передачі для оптимізації бездротових комунікаційних систем у сучасному технологічному середовищі. Отримані результати та висновки можуть слугувати базою для подальших досліджень та розвитку бездротових технологій на розповсюджених радіочастотах.

Дякую за увагу!

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Ярослав Івасенко

Назва: Використання штучного інтелекту для аналізу джерел радіовипромінювання

Координатор: Володимир Пархоменко

Підрозділ: ННІТ

Коефіцієнт подібності 1:0.7

Коефіцієнт подібності 2:0

Тривога: 11

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☑ виявлені в роботі запозичення є сумлінними і не мають ознак плагіату. Тому робота визнається самостійною і допускається до захисту;

☐ виявлені в роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання;

☐ виявлені в роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. У зв'язку з чим, робота не допускається до захисту.

…… ……

Дата *Підпис Наукового керівника*