

МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук
Кафедра комп'ютерних наук

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
другого (магістерського) рівня

на тему Дослідження застосування методів машинного навчання в
антенній техніці

Виконав: студент 2 курсу, групи ІКК-2.1
спеціальності
122 Комп'ютерні науки

_____ Тараненко А.П. _____

Керівник Рожновська І.Ю.

Рецензент Вакарчук А.О.

Одеса – 2023 р.

ДОВІДКА

кафедри КН про виконану магістерську роботу
студента 2 курсу ФКПІ та КН групи ІКК-2.1

Тараненко Андрій Петрович

на тему Дослідження застосування методів машинного навчання в антенній техніці

Висновок нормоконтролера наєсповальна замітка до кваліфікації роботи виконану кермант. перш за все. Оформлено згідно вимог, вимог МТУ

Нормоконтролер вєки. каф. ЕПІ 15.12.2023р Кеїїїїїїїїїїї
(науковий ступінь, вчене звання, посада) (підпис, дата) (і. б. прізвище)

Висновок відповідального за наявність плагіату згідно з сертифікатами ID 1015701008 унікальність роботи підтверджено

Відповідальна особа вєки. каф. ЕПІ 15.12.2023 Кеїїїїїїїїїїї І.І.
(науковий ступінь, вчене звання, посада) (підпис, дата) (і. б. прізвище)

Попередня експертиза (захист) _____ магістерської роботи

(бакалаврської роботи чи магістерської роботи)

студ. Тараненко Андрій Петрович проведена " 15 " 12 2023 р.
(прізвище і б.)

Висновки кваліфікаційна робота виконана у повному обсязі. В роботі перевірено доцільність застосування методів машинного навчання в антенній техніці. кваліфікаційна робота відповідає вимогам до випускних кваліфікаційних робіт зі спеціальності 122 Комп'ютерна наука та рекомендована до захисту.

Члени комісії

(підпис)

к.т.н., доц. Соловєва І.М.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище і б.)

(підпис)

к.т.н., доц. Русєв О.П.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище і б.)

(підпис)

к.т.н., доц. Розєнбаєвєр Я.М.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище і б.)

МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук
Кафедра комп'ютерних наук
Освітній ступінь другий (магістерський)
Галузь знань 12 Інформаційні технології
Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КН

к.т.н., доц.

І.М. Соловська

"15" 09 2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Тараненко Андрій Петрович

1. Тема роботи: Дослідження застосування методів машинного навчання в антенній техніці
керівник роботи к.т.н., доцент Рожновська І.Ю.
затверджені наказом закладу вищої освіти від 25 вересня 2023 р. № 1959

2. Строк подання студентом роботи 11.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1) План офісного приміщення

2) Граф, що відповідає плану поверху

3) Математична модель

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Розділ 1: Оцінка та використання методів штучного інтелекту

Розділ 2: Аналіз та типи антенних систем

Розділ 3: Застосування методів штучного інтелекту у конценції розумна антена

Розділ 4: Аналіз застосування діаграми спрямованості у антенної системи

Розділ 5: Аналітичне дослідження застосування методу машинного навчання інтелектуальний агент

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

Слайд 1 – Тенденції розвитку технологій 5G та 6G

Слайд 2 – Актуальність теми

Слайд 3 – Алгоритм Q – навчання інтелектуального агента

Слайд 4 – Середовище застосування методу машинного навчання інтелектуальний агент

Слайд 5,6 – Результати навчання інтелектуальний агент

Слайд 7 – Результати дослідження

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 25.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	26.09 – 27.09	<i>Вик</i>
2	Оцінка та використання методів та систем штучного інтелекту	28.09 – 2.10	<i>Вик</i>
3	Аналіз та типи антенних систем	03.10 – 10.10	<i>Вик</i>
4	Застосування методів штучного інтелекту у концепції "розумна антена"	11.10 – 25.10	<i>Вик</i>
5	Аналіз застосування діаграми спрямованості антенної системи	26.10 – 08.11	<i>Вик</i>
6	Аналітичне дослідження застосування методу машинного навчання інтелектуальний агент	09.11 – 10.11	<i>Вик</i>
7	Висновки та рекомендації	11.11 – 20.11	<i>Вик</i>
8	Перелік посилань	21.11 – 27.11	<i>Вик</i>
9	Додаток А. Перелік демонстраційного матеріалів	28.11 – 29.11	<i>Вик</i>

Студент

[Підпис]
(підпис)

А.П. Тараненко

Керівник роботи

[Підпис]
(підпис)

І.Ю. Рожновська

ВІДГУК КЕРІВНИКА

магістерської роботи здобувача Тараненко А.П.
на тему: «Дослідження застосування методів машинного навчання в антенній техніці»

Серед сучасних телекомунікаційних засобів найбільш стрімко розвиваються системи стільникового зв'язку. Важлива особливість, яка характеризує мережі 5G та 6G – це активне впровадження в телекомунікаційну інфраструктуру методів та систем штучного інтелекту. Наприклад, одна з актуальних проблем, що потребує вирішення в сучасних радіомережах – це реалізація в повній мірі концепції «розумна антена» (Smart Antenna).

З огляду на сказане вище тема магістерської роботи здобувача Тараненко А.П. є актуальною.

У магістерській роботі здобувач Тараненко А.П. провів докладний аналіз розвитку систем штучного інтелекту та етапів їх впровадження в інфраструктуру телекомунікацій. Запропонував використання методу машинного навчання «інтелектуальний агент» при керуванні діаграмою спрямованості антенної системи МІМО, а саме розглянув одну комірку надщільної мережі радіодоступу 5G як середовище застосування «інтелектуального агента». Показав, що застосувавши метод «інтелектуальний агент», можна створити систему знань, яка може «зрозуміти» та «навчитись» враховувати закономірності руху абонентських терміналів в межах стільника, а також може «передбачити» напрям руху конкретного абонентського терміналу. Отримана система знань потенційно дозволяє реалізувати функції розумної антени та забезпечити керування виділеною пелюсткою діаграми спрямованості антенної системи в режимі реального часу.

Здобувач Тараненко А.П. на високому рівні розібрався з усіма проблемами, що розглядалися в роботі. Робота проводилась в значній мірі самостійно, без порушень термінів виконання та графіку консультацій. Робота виконана в повному обсязі згідно із завданням.

Магістерська робота відповідає вимогам, що висуваються до випускних кваліфікаційних робіт магістра та заслуговує оцінки «відмінно», а здобувач Тараненко А.П. — присвоєння кваліфікації магістр за заявленою спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Керівник
доц. каф. КН, к.т.н.



І.Ю. Рожновська

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу здобувача Тараненко А.П.
на тему: «Дослідження застосування методів машинного інтелекту в антенній техніці»

В мережах радіодоступу 5G та 6G основним типом антенних систем є MIMO (Multiple Input Multiple Output) антени. Технологія MIMO використовується для підвищення ефективності передачі даних в стільниках мереж 5G та 6G. Основна ідея технології MIMO полягає у використанні антенних решіток, які формулюють багатопелюсткову діаграму спрямованості та мають забезпечувати керування пелюстками в режимі реального часу з метою покращення надійності безпроводового зв'язку та підвищення пропускної здатності MIMO радіолінії.

Актуальність теми магістерської роботи Тараненко А.П. з точки зору розвитку та вдосконалення антенних технологій MIMO є беззаперечною.

У магістерській роботі здобувача Тараненко А.П. запропоновано використання методу машинного навчання «інтелектуальний агент» при керуванні діаграмою спрямованості антенної системи MIMO, а саме розглянуто одну комірку надщільної мережі радіодоступу 5G як середовище застосування «інтелектуального агента». Показано, що застосувавши метод «інтелектуальний агент», можна створити «систему знань», яка може «зрозуміти» та «навчитись» враховувати закономірності руху абонентських терміналів в межах стільника. Отримана система знань потенційно дозволяє забезпечити керування виділеною пелюсткою діаграми спрямованості антенної системи в режимі реального часу.

Робота виконана згідно до завдання, текст її послідовний та лаконічний, оформлення якісне, але разом з тим по роботі слід відмітити такі недоліки:

1. У роботі доцільно було б провести дослідження роботи інтелектуального агента за різних умов, як приклад різні початкові та кінцеві точки.
2. У роботі доцільно було б провести порівняльний аналіз мереж зв'язку 5 та 6-го поколінь.
3. В першому розділі роботи проаналізовано не всі умови застосування методів та засобів штучного інтелекту та машинного навчання в антенній техніці.

Вказані зауваження не знижують якість виконаної роботи, тому вважаю, що магістерська робота здобувача Тараненко А.П. заслуговує оцінки «відмінно», а її автор — присвоєння кваліфікації магістр за заявленою спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Рецензент

к.т.н., доц. каф.

комп'ютерної інженерії та

інноваційних технологій



А.О. Вакарчук

Ім'я користувача:
Анна Серединко

ID перевірки:
1016014348

Дата перевірки:
17.12.2023 19:14:05 MSK

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
17.12.2023 19:14:41 MSK

ID користувача:
100001433

Назва документа: Тараненко_Пз

Кількість сторінок: 74 Кількість слів: 12185 Кількість символів: 95490 Розмір файлу: 3.44 MB ID файлу: 1015701008

18% Схожість

Найбільша схожість: 9.22% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015701009)



0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 8

РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської роботи: 66 с., 12 рисунків, 5 таблиць, 1 додаток, 17 джерела.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, МАЙБУТНІ МЕРЕЖІ, ТЕХНОЛОГІЯ LTE, НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, АНТЕННІ РЕШТКИ, АНТЕНИ МІМО, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АГЕНТ.

Об'єкт дослідження – штучний інтелект який використовується в адаптивній антенній системі .

Мета роботи – дослідження включає в себе вивчення, аналіз та наукові дослідження можливостей використання штучного інтелекту з метою підвищення продуктивності антенних систем. Конкретно, у фокусі дослідження знаходиться аналіз методів та стратегій використання штучного інтелекту для оптимізації управління мережами зв'язку, поліпшення якості обслуговування абонентів, а також використання аналізу даних для виявлення аномалій та передбачення несправності.

Метод дослідження – теоритичний аналіз наукової літератури, проведення практичних досліджень з використанням алгоритмів ШІ для оптимізації роботи телекомунікаційних мереж.

У магістерській роботі розглянуті існуючі класифікації антен та систем МІМО. Вивчено можливості використання інтелектуального агента для підвищення ефективності антен МІМО в надщільній комірці. Шляхом подання конкретного прикладу продемонстровано процес навчання інтелектуального агента та його робочий принцип, який реалістично відтворює умови надщільної комірки, зокрема, в офісному приміщенні. Отримані результати використання цього підходу оцінені, і зроблено відповідні висновки.

ABSTRACT

The text part of the master's thesis: 66 p., 12 figures, 5 tables, 1 appendix, 17 sources.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, FUTURE NETWORKS, LTE TECHNOLOGY, NEURAL NETWORKS, MACHINE LEARNING, ANTENNA ARRAYS, MIMO ANTENNAS, INTELLIGENT AGENT.

Object of study artificial intelligence used in adaptive antenna systems.

Purpose – the study includes the study, analysis and research of the possibilities of using artificial intelligence to improve the performance of antenna systems. Specifically, the research focuses on the analysis of methods and strategies for using artificial intelligence to optimize the management of communication networks, improve the quality of customer service, and use data analysis to detect anomalies and predict malfunctions.

The research method is a theoretical analysis of scientific literature, conducting practical research using AI algorithms to optimize the operation of telecommunication networks.

The master's thesis considers the existing classifications of antennas and MIMO systems. The possibilities of using an intelligent agent to improve the efficiency of MIMO antennas in an ultra-dense cell are studied. By presenting a specific example, the process of training an intelligent agent and its working principle are demonstrated, which realistically reproduces the conditions of a superdense cell, in particular, in an office space. The obtained results of using this approach are evaluated, and the relevant conclusions are drawn.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	12
ВСТУП	13
1 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	14
1.1 Штучний інтелект. Загальні відомості.....	14
1.2 Алгоритми вирішення складних завдань і оброблення інформації в.....	25
системах штучного інтелекту	25
1.3 Актуальність застосування методів штучного інтелекту в телекомунікаційних системах.....	29
1.4 Висновок до розділу.....	32
2 АНАЛІЗ АНТЕННИХ СИСТЕМ	34
2.1 Загальні характеристики антен	34
2.2 Класифікація антен	36
2.3 Аналіз застосування методу інтелектуальний агент	41
2.4 Висновок до розділу.....	43
3 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У КОНЦЕПЦІЇ " РОЗУМНА АНТЕНА "	44
3.1. Поняття концепції "Розумна антена"	44
3.2 Аналіз застосування МІМО системи на базі Цифровій антенні решітці	49
3.3 Висновок до розділу.....	54
4 АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ ДІАГРАМОЮ СПРЯМОВАНОСТІ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ.....	55
4.1 Інтеграція масивних антенних систем МІМО.....	55
4.2 Методи керування діаграмою спрямованості антенної решітки	58

4.3 Висновок до розділу.....	60
5 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АГЕНТ	62
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	71
СПИСОК ПОСИЛАНЬ ТА ЛІТЕРАТУРИ	73
ДОДАТОК А.....	75

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

- 4G – Fourth generation (четверте покоління мобільного зв'язку).
- 5G – Fifth generation (п'яте покоління мобільного зв'язку).
- 6G – Sixth generation (шосте покоління мобільного зв'язку).
- НМ – Нейронні мережі.
- ТЗ – Технічне завдання.
- ШІ – Штучний інтелект.
- ІС – Інтелектуальне завдання.
- АТ&Т – Американський транснаціональний телекомунікаційний конгломерат.
- FN – Майбутня мережа.
- ML – Машинне навчання.
- ІТ – Інформаційні технології.
- ІА – Інтелектуальний агент/штучний інтелект.
- ІС – Інтелектуальні системи.
- СУБД – Система управління базами даних.
- ЦАР – цифрові антенні решітки.
- CDMA - множинний доступ з кодовим поділом.
- ANI – Перший рівень штучного інтелекту.
- AGI – Другий рівень штучного інтелекту.
- ASI – Третій рівень штучного інтелекту.
- АФР – амплітудно-фазовий розподіл.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

4G – Fourth generation (четверте покоління мобільного зв'язку).

5G – Fifth generation (п'яте покоління мобільного зв'язку).

6G – Sixth generation (шосте покоління мобільного зв'язку).

НМ – Нейронні мережі.

ТЗ – Технічне завдання.

ШІ – Штучний інтелект.

ІС – Інтелектуальне завдання.

АТ&Т – Американський транснаціональний телекомунікаційний конгломерат.

FN – Майбутня мережа.

ML – Машинне навчання.

ІТ – Інформаційні технології.

ІА – Інтелектуальний агент/штучний інтелект.

ІС – Інтелектуальні системи.

СУБД – Система управління базами даних.

ЦАР– цифрові антенні решітки.

CDMA - множинний доступ з кодовим поділом.

ANI – Перший рівень штучного інтелекту.

AGI – Другий рівень штучного інтелекту.

ASI – Третій рівень штучного інтелекту.

АФР– амплітудно-фазовий розподіл.

ВСТУП

Штучний інтелект це галузь комп'ютерних наук займається виконання завдань, які зазвичай вимагають людського інтелекту. Термін штучний інтелект це атрибути розумних систем, які виконують інноваційні функції, традиційні вважаються прерогативою людини; наука і технологія створення інтелектуальних машин, особливо інтелектуальних комп'ютерних програм.

Розвиток штучного інтелекту включає в себе вивчення, розробку та застосування алгоритмів, які дозволяють комп'ютерам виконувати завдання, що вимагають інтелектуальних навичок. Ці завдання можуть включати в себе розпізнавання мови, розуміння текстів, вирішення складних завдань у галузі медицини, фінансів, науки та багатьох інших.

Однією з величезних переваг ШІ є здатність аналізувати великі об'єми даних і здійснювати прийняття рішень на основі цього аналізу. Він також може виконувати завдання швидше та точніше, ніж люди, у багатьох областях.

Завдяки постійному розвитку та інноваціям в галузі ШІ, ця технологія вже змінює спосіб, яким ми живемо і працюємо, вносячи значний внесок у сфери технологій, медицини, транспорту, економіки та інших. Однак вона також породжує нові етичні, соціальні та юридичні питання, вимагаючи ретельного обговорення та регулювання.

1 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

1.1 Штучний інтелект. Загальні відомості

Штучний інтелект (ШІ) представляє собою нову область інформаційних технологій (ІТ), що виникла з передісторії розвитку гуманоїдних механізмів ще в давні часи та пройшла складний еволюційний шлях. Цей шлях охоплює мрії, легенди, перші роботи, механічних шахістів та інші складні механізми, що імітують поведінку людини, і завершується сучасними розумними роботами. Дослідження в галузі штучного інтелекту (ШІ) займає значне місце в наукових роботах як в країні, так і за кордоном. Проте в інформатиці сучасності термін "штучний інтелект" (ШІ) залишається неоднозначним. Вперше термін був вжитий на семінарі в Стенфордському університеті в 1956 році, хоча сама галузь ШІ була об'єктом досліджень вже з 1940-х років. Визначення "штучний інтелект" може бути використане у широкому або вузькому розумінні. У вузькому сенсі, ШІ - це інформація, що генерується функціонуванням будь-якої автоматизованої системи або комп'ютерної програми. Загалом, штучний інтелект визначається здатністю автоматизованих систем або комп'ютерних програм виконувати функції людини, аналізуючи зовнішні фактори і приймаючи оптимальні рішення на підставі життєвого досвіду. Існують два наукові методи створення ШІ, спрямовані на досягнення різних результатів. За першим методом вчені розвивають систему, що функціонує подібно до людського мислення. Представники другого методу більше уваги приділяють розвитку автоматизованих систем та комп'ютерних програм, не обов'язково повністю відтворюючи людське мислення. З початку 1950-х років, у зв'язку із створенням першого комп'ютера, розпочалися перші наукові дослідження в галузі штучного інтелекту (ШІ). В історії ШІ важливим етапом був 1950 рік, коли з'явилася перша символічна мова програмування для обробки списків, ім'ю "IPL1". В цей період також була створена програма "Логіка-теоретик" (1956), яка автоматизовано

доводила теореми в розрахункових твердженнях, відзначаючи себе як одне з досягнень у галузі ШІ. Алгоритм управління, розроблений у той час, спрямовувався на зменшення різниці між оцінним значенням поточної ситуації та оцінним значенням однієї з цілей або під цілей. Також слід відзначити, що історичний внесок був зроблений у сфері шахових програм, які використовували принципи пошуку заданої глибини руху, функції оцінки позиції та обмеження області пошуку [1].

З 1966 року було введено в експлуатацію "Віртуальний співрозмовник" - програму, яка емулює людську мову. "A.L.I.C.E." (1995) визначається як ключова програма діалогу, що дозволяє взаємодіяти за допомогою природної мови, але не пройшла тест Тьюрінга. У сучасній інформаційній епохі одним з основних напрямків в розвитку ІТ є дослідження розпізнавання візуальних образів у контексті "Штучного інтелекту". Ця технологія призначена для відтворення когнітивних характеристик, притаманних комп'ютеру, які можна порівняти із функціями людського мозку. Більшість фахівців у даній галузі згодні з думкою, що існує три основних види штучного інтелекту:

- Штучний інтелект першого рівня (ANI) - орієнтований на прийняття рішень в обмеженій галузі діяльності;
- Штучний інтелект другого рівня (AGI) - досягає та перевищує рівень звичайної людської свідомості, вмюючи розв'язувати математичні та логічні задачі, виконувати абстрактне мислення та вчитися;
- Штучний інтелект третього рівня (ACI) - виявляє надзвичайний інтелект, перевершуючи мудрість усього людства, і його розвиток починається з появи та подальшого самонавчання, здійснюючи це множини трильйонів разів.

Штучний інтелект першого рівня (ANI) використовується в таких галузях, як автомобільна, енергетична, фінансова, телекомунікаційна тощо. Зокрема, технологія ANI лежить в основі пошукової системи Google і служить фундаментом для новин Facebook [3].

Основні концепції моделювання людського мозку базуються на двох підходах - концепції сильного і слабого штучного інтелекту. Силу ШІ вперше

визначив американський філософ Джон Сірл. Згідно з його поглядом, штучний інтелект повинен функціонувати аналогічно людському розуму, що передбачає відтворення роботи людського мозку. Один із прикладів сильного ШІ - суперкомп'ютер IBM Watson, який вирішує завдання розуміння запитань природною мовою та знаходження відповідей у базах даних, навіть розпізнає людський почерк.

З іншого боку, слабкий ШІ фокусується на вирішенні конкретних завдань, як, наприклад, у випадку шахового суперкомп'ютера Deep Blue, розробленого IBM. Хоча "Deep Blue" є ефективною у шахових вирішеннях, вона не володіє загальною аналітичною здатністю, якою обладнаний людський розум. Другим прикладом слабого ШІ є SwiftKey Keyboard, інтелектуальна програма, яка оновлює екранну клавіатуру пристрою, полегшуючи введення тексту та надаючи автоматичну заміну слів, враховуючи більше 60 мов і прогнозуючи наступне слово. Додатковий внесок в розробку слабого ШІ зробили швейцарські вчені, створивши безпілотний пошуковий дрон, який використовує дві камери та аналіз 20 000 зображень для відстеження маршруту людини в різних оточеннях[3].

Загальна структура процесу

Агрегуючи структуру блоків та моделей, їхні функції та інформаційні потоки на входах та виходах, а також враховуючи психічний стан свідомості (визначений як тяга до розваг), вводиться поняття станів процесу та їхньої рівноваги. Головною метою цього процесу є відновлення стану рівноваги, який може бути порушений новою інформацією, що надходить на вхід. Це активує процес розпізнавання зображень, які надходять на вхід. У випадку виявлення неоднозначності розпізнавання або з'яви нового зображення, цей процес може впливати на організм і мозок, що призводить до збільшення обсягу інформації в зображенні, наприклад, у взаємодії з м'язами тіла та фіксації погляду очей на об'єкті. Згідно з вищезазначеними умовами загальний базовий процес може бути представлений, як показано на малюнку 2.1.



Рисунок 1.1 – Загальна структура процесу [1]

Процес включає такі постійні підпроцеси:

1. Баланс.

Це емуляція задоволення, що виникає як реакція на інформацію, що потрапляє в процес. Це залежить від певного рівня збудження, який, у свою чергу, підвищує рівновагу процесу. При визнанні зображення відповідним процесу, останній повертається до рівноваги, а результат розпізнавання представляє собою інформацію, отриману з зображення. Початкове зображення складається з критеріїв ідентифікації та атрибутів стану підпроцесу, таких як ступінь загрозовості для свідомості. Цей процес, аналогічно біологічним клітинам, завжди працює, імітуючи процеси в нейронах, які зупиняються лише при відмиранні клітин.

2. Розпізнавання та навчання.

Основними функціями підпроцесу є розпізнавання та сприйняття нових зображень (навчання). Коли визначається, що зображення належить до категорії зображень процесу, йому призначається оцінка з визначеною ймовірністю. Якщо ймовірність класифікації зображення не перевищує певний поріг, активується

механізм фокусування. У випадку класифікації зображення як нового, увага приділяється вивченню нового зображення протягом короткого періоду, і, в деяких випадках, може знадобитися довгострокова пам'ять.

3. Зосередженість.

Початок дій у стані невдоволення спрямований на збільшення інформації в зображенні для підвищення точності розпізнавання. Цей процес можна уявити як перегляд, прослуховування та запам'ятовування, при якому органи почуттів та тіло отримують команди, змінюючи своє положення в просторі. Це впливає на положення зображення в просторі датчика та змінює інформаційний характер його атрибутів, ілюструючи здатність людської свідомості виконувати різні дії одночасно.

4. Короткочасна пам'ять.

Метод, який визначає діяльність процесу протягом обмеженого часу та зменшує кількість зображень у робочій області процесу, аналогічно обмеженню кількості об'єктів, які може сприймати людина одночасно.

5. Довготривала пам'ять.

Використовується для швидкого розпізнавання (напівсвідомого) та перетворення розпізнаних зображень у короткочасну пам'ять.

6. Блок керування рухом інформації про тіло та механізм передачі інформації про тіло.

Відзначено, що мозок складається з 10 відділів, які використовуються для розширення інформації щодо вхідних даних і отримання додаткової інформації з інших процесів.

Загальна структура свідомості описана на рисунку 2.2, відзначаючи багато процесів, пов'язаних зі свідомістю та інтелектом, і розділяючи їх на три категорії: просторово-часова раціональна поведінка, соціальна раціональна поведінка та пізнання світу та самого себе.



Рисунок 1.2 – Загальна структура свідомості [4]

Процес миттєвої мисли - це основний механізм, який забезпечує активний стан свідомості.

Механізм раціональної поведінки відповідає за управління часом та простором, забезпечуючи рух в просторі без шкоди для тіла. Логічне асоціативне мислення об'єднує одночасно спостережені образи, створюючи причинно-наслідкові зв'язки та прогнозуючи майбутнє при виникненні суміжних образів. Розуміння тексту включає в себе сприйняття усного і писемного мовлення, жестів та художньої мови, тоді як когнітивний процес займається набуттям знань про оточуючий світ на рівнях сімейного та наукового розвитку. Моральні та естетичні процеси визначають раціональну поведінку суспільства. Тенденції застосування.

На сьогоднішній день штучний інтелект широко обговорюється в технологічних та ділових колах, і багато експертів вважають, що він є майбутнім, але насправді він вже є неот'ємною частиною нашого сучасного життя. З

розвитком технологій ми вже пов'язані з штучним інтелектом через такі продукти, як Сірі, Ватсон або Алекса.

Сфера застосування автоматизованих інформаційних систем включає формальні динамічні процеси, такі як автоматична класифікація, розпізнавання образів, контроль та діагностика, які відбуваються в умовах, які заздалегідь не визначені. Менш формалізовані процеси мають унікальний характер, що включає прийняття рішень, ідентифікацію якісних та кількісних ознак, роботу з різноманітними стандартами та ієрархії баз даних.

Активне використання систем з елементами штучного інтелекту вже суттєво змінює наше повсякденне життя, надаючи зручність та безпеку. Обладнання, яке оснащено інтелектуальними властивостями, стає невід'ємною частиною нашого життя, а використання штучного інтелекту унаочнюється в сучасних продуктах та додатках[5].

Дев'ять дуже розумних ШІ-рішень, якими ми користуємось сьогодні

1. Сірі (Siri).

Siri, розроблений компанією Apple для iPhone та iPad, є одним із найвідоміших особистих помічників. Цей дружелюбний голосовий асистент взаємодіє з користувачем у повсякденному житті, надаючи допомогу в пошуку інформації, виконанні завдань, відсиленні повідомлень, здійсненні дзвінків та виконанні інших функцій. Завдяки технології машинного навчання, Siri стає все більш інтелектуальним, здатним розпізнавати природні мовні запитання та висловлювання.

2. Тесла.

У світі автомобілів Тесла відзначається як високотехнологічний інноваційний бренд. Не лише автомобілі цієї компанії отримали визнання, але й вони впроваджують такі передові функції, як автономний рух, передбачувані можливості та загальна технологічна прогресивність. Тесла стає все розумнішою завдяки постійним оновленням програмного забезпечення, що робить її ідеальним вибором для тих, хто цінує технологічний прогрес у своєму авто.

3. Cogito.

Cogito, створений доктором Сенді та Джошуа, виступає як відмінний приклад використання машинного навчання для поліпшення інтеракції з клієнтами. Використовуючи синтез машинного навчання та поведінкової науки, Cogito підвищує якість спілкування в телефонних службах підтримки клієнтів, аналізуючи та надаючи вказівки для покращення поведінки у реальному часі.

4. Netflix.

Netflix, як широко відомий сервіс стрімінгу, використовує технологію прогнозування для рекомендацій контенту. Заснований на реакціях, інтересах та попередніх переглядах користувача, цей сервіс стає все розумнішим, хоча є певні обмеження в розпізнаванні менш відомих фільмів.

5. Pandora.

Pandora, відома як "ДНК музики", використовує аналіз 400 музичних характеристик, щоб індивідуалізувати рекомендації для слухачів. Система допомагає відкривати нові записи, що не завжди сприймаються класичними методами, допомагаючи розширити музичний репертуар користувачів.

6. Гніздо (Google).

Nest, який був придбаний Google, використовує алгоритми поведінки для енергозбереження на основі звичок користувача. Завдяки машинному навчанню, цей термостат самостійно програмується, враховуючи уподобання щодо температури та автоматично економить енергію відсутності людей вдома.

7. Коробка боксу (Boxever).

Boxever використовує машинне навчання для покращення туристичного досвіду, надаючи персоналізовані поради та інформацію. Ця платформа допомагає клієнтам знаходити нові можливості та створювати незабутні моменти під час подорожей.

8. Літаючі дрони.

Літаючі дрони використовують системи машинного навчання для автономної навігації та доставки товарів. Вони взаємодіють з оточуючим середовищем, створюючи 3D-моделі за допомогою датчиків та відеокамер.

Переваги та недоліки використання ШІ:

1. Переваги штучного інтелекту.

Штучний інтелект виявляється досить складним явищем, використовуючи високорівневу комбінацію інформатики, математики та інших складних наук. Складне програмування допомагає цим системам реплікувати когнітивні функції людини.

2. Мінімізація помилок.

Штучний інтелект сприяє зниженню помилок та підвищенню точності, особливо в контексті різноманітних досліджень, таких як космічні вивчення. Розумні роботи високостійкі та здатні переносити вороже середовище, використовуючи свої металеві тіла, і відправляються досліджувати космос.

3. Складне наукове дослідження.

Штучний інтелект та робототехніка використовуються для видобутку ресурсів та проведення інших розвідувальних операцій. Ці складні машини, завдяки програмуванню, можуть виконувати високовідповідальні роботи, такі як вивчення океанічного дна.

4. Повсякденне застосування.

Інтелектуальні асистенти, обчислювані методи та навчання штучного інтелекту стали неот'ємною частиною нашого повсякденного життя. Використання штучного інтелекту охоплює різні сфери, від подорожей інтелектуальними системами, такими як GPS, до розвідки на роботі комунальних служб.

Штучний інтелект використовується у фінансових установах та банках для управління даними і виявлення шахрайства.

5. Цифрові помічники.

Високорозвинені організації використовують цифрових помічників або "аватарів", що дозволяє їм взаємодіяти з користувачами, зекономлюючи людські ресурси.

6. Емоції та відсутність перерв.

Для інтелектуальних систем емоції виступають як стимул для раціонального мислення, у той час як відсутність потреби у перервах робить машини ефективними в роботі, невтомними і відсутніми від нудьги[6].

Недоліки штучного інтелекту:

1. Висока вартість.

Створення штучного інтелекту є витратним процесом, оскільки ці складні машини потребують значних ресурсів для ремонту та обслуговування. Програмні алгоритми вимагають постійної настройки, щоб відповідати змінам у середовищі та надхнути машини стати більш розумними з часом. В разі серйозних поломок процес відновлення кодів і системи може вимагати значних зусиль і часу.

2. Безкопіюваність людей.

Інтелект розглядається як природний дар, і народження етичного питання щодо тиражування інтелекту людини. У машин відсутні емоції та моральні цінності; вони виконують програмовані завдання і не здатні робити моральні судження. Також вони не можуть приймати рішення в непередбачених ситуаціях.

3. Відсутність поліпшення досвіду.

Штучний інтелект не може набирати досвіду так, як людина. Це може призвести до зносу, оскільки машини не здатні адаптуватися до змін у середовищі. Вони не можуть відчувати підтекст чи робити покращення в їх реакціях.

4. Відсутність оригінальної творчості.

Штучний інтелект не володіє силами мислення та оригінальністю творчого розуму, як у людини. Він не в змозі розпізнати інтуїцію або відчуття, і відсутня взаємодія з емоціями та почуттями.

5. Потенційне безробіття.

Використання машин може призвести до значного безробіття, що може призвести до соціальних проблем. Люди можуть втратити свою творчість та

стати залежними від машин, що може призвести до лінощів та негативного впливу на соціальний ландшафт.

Таким чином, хоча штучний інтелект може мати свої переваги, важливо усвідомлювати його обмеження та потенційні негативні наслідки для суспільства.

Досягнення та тенденції ШІ в різних галузях.

Доступ до обширних обсягів даних, зібраних завдяки електронній комерції, бізнесу, урядовим організаціям, науковим дослідженням, матеріалам з медіа та соціальних мереж, стає ключовим фактором. Покращення алгоритмів машинного навчання (ML) стає можливим завдяки наявності величезної кількості даних, а також збільшенню обчислювальної потужності та популярності хмарних сервісів, що дозволяє впроваджувати складні ML-алгоритми.

Тенденції у сферах штучного інтелекту (ШІ) в різних галузях включають:

1. Охорона здоров'я.

Технологія ШІ та ML виявляється особливо корисною в галузі охорони здоров'я, де вона генерує велику кількість даних для навчання алгоритмів. Наприклад, Medecision розробив алгоритм для виявлення можливості госпіталізації пацієнтів з діабетом. Додаток BiliScreen використовує машинне навчання для визначення підвищеного рівня білірубіну в очах, що може служити індикатором розвитку раку підшлункової залози.

Компанії, такі як NuMedii та GNS Healthcare, використовують ШІ і ML для виявлення зв'язків між хворобами та ефективними методами лікування.

2. Розваги.

У повсякденному житті застосування ШІ відзначається у таких службах, як Netflix та Amazon. Алгоритми машинного навчання аналізують користувацьку активність та порівнюють її з іншими, щоб рекомендувати програми та товари. Ці алгоритми з часом стають настільки розумними, що можуть передбачити, наприклад, бажання користувача придбати товар у подарунок чи враховувати різні вподобання членів сім'ї для рекомендацій.

Таким чином, розвиток ШІ та ML в різних галузях відображає потужний вплив, який ці технології мають на сучасне суспільство та бізнес.

Отже як говорив Джек Ма, засновник Alibaba, висловив обурення, щодо загрози, яку можуть привести впровадження штучного інтелекту в аналізі великих обсягів даних. Незважаючи на це застереження, розглядаючи широкі застосування штучного інтелекту та машинного навчання в реальному світі, а також постійні покращення в цій галузі, можна припустити, що технології взаємозмінюють наш спосіб праці. Вони можуть прискорювати прийняття рішень, підвищувати операційну ефективність та стимулювати інновації у сфері нових продуктів і послуг. Такий позитивний вплив може виявитися більш важливим, ніж його потенційні загрози, перетворюючи технологію в сильний каталізатор для прогресу і розвитку.

1.2 Алгоритми вирішення складних завдань і оброблення інформації в системах штучного інтелекту

Сучасні нейронні мережі є основою таких технологій, як штучний інтелект, комп'ютерний зір та відеоаналіз. Зазначимо, що нейронна мережа спроектована для імітації процесів нервової діяльності та когнітивних процесів людини (рисунок 1.3). Основна відмінність полягає в тому, що мислення замінюється обчисленнями. Основна мета обчислень полягає в імітації процесів розпізнавання та логічних висновків, що здійснюються людьми [8].

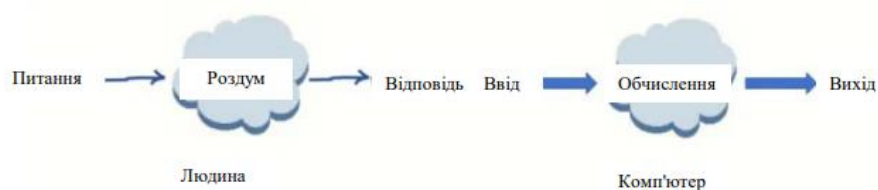


Рисунок 1.3 – Мислення та обчислення [8]

Проте, існує суттєва відмінність між архітектурою мозку та комп'ютерною архітектурою. Зазвичай комп'ютери швидко обробляють дані, проте це відбувається послідовно за чітко визначеними алгоритмами та на підставі конкретних вхідних даних, без приблизної позиції в розрахунках. Мозок тварин або людини працює повільніше, але здатен обробляти багато сигналів паралельно, подібно до комп'ютерів, і досягає загального результату швидше. Біологічні нейрони - це нервові клітини людського тіла з багатьма входами (дендрити), виходами (аксони) та з'єднаннями між ними (аксонні кінці, або синапси). Збудження нервів передається у вигляді електрохімічних імпульсів по нейронах [8].

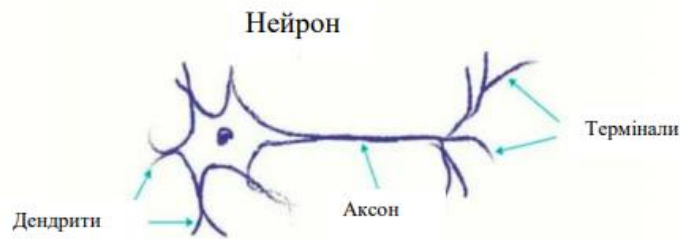


Рисунок 1.4 – Нейрони людини [8]

Як показано на рисунку 1.4, "нейронна мережа" людей і тварин значно спрощена.

На малюнку показані взаємопов'язані нейрони. Вихідні сигнали аксонів деяких нейронів використовуються як вхідні сигнали дендритів інших нейронів.

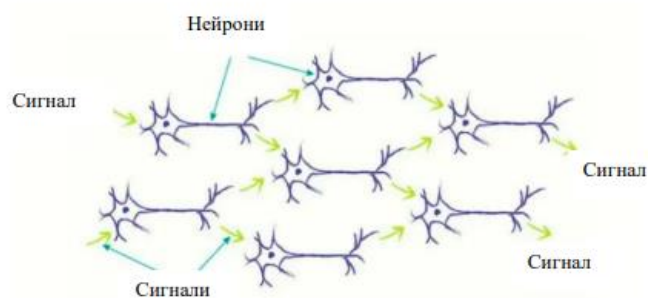


Рисунок 1.5 – Спрощена принципова схема нервової системи людини як нейронної мережі [8]

У ядрі нейрона відбувається конверсія сигналу перед його передачею іншим нейронам. Комп'ютерна нейронна мережа моделює структуру нервової системи людини чи тварин. На наступному рисунку 2.6 представлена значно спрощена нейронна мережа з трьома шарами, включаючи "нейрони" - обчислювальні вузли з кількома входами і виходами, які встановлюють зв'язки між собою.

Загалом, завданням нейронної мережі є встановлення відповідності між вхідним сигналом і вихідним сигналом за відомим цільовим значенням вихідного сигналу (матрицею). Тут "жирний" (і, о) позначає, що параметр є матрицею. Вага "вага" w впливає на сигнали між мережевими нейронами, і її значення можна регулювати відповідно до відхилення e (похибки) вихідного сигналу o від цільового значення. Регулювання ваг відоме як "навчання" нейронної мережі [8].

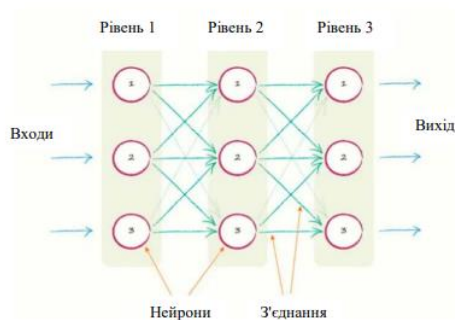


Рисунок 1.6 – «Тренування» нейронної мережі [9]

Процес "тренування" нейронної мережі включає установлення відповідності між вхідним та вихідним сигналами. При використанні матриці піксельних зображень як вхідного сигналу "навчена" мережа, при скануванні зображення, генерує вихідний результат, що відображає відповідність між вхідним зображенням і шаблоном у базі даних зображень. Дані тренування визначають різницю між значенням вихідного сигналу та очікуваною помилкою, на основі якої коригується "вага" w для оптимізації сигналу. Зворотний розподіл сигналу виправлення помилок пропорційний вазі зв'язку між нейронами.

Зі збільшенням "глибини" мережі (кількості шарів нейронів) підвищується адаптивність мережі та точність регулювання матриці вхідного сигналу. Процес машинного навчання нейронних мереж можна уявити як графічне відтворення, що полягає в пошуку найглибшого рову на горбистій місцевості.

Графічне представлення цього процесу схоже на пошук найглибшого екстремального значення на горбистій місцевості. Нейронна мережа "розшукує" найглибше екстремальне значення для функції багатьох змінних для кожного нейрона, повторюючи цей процес для кожного рівня нейронів у мережі. Це подібно до того, як людина в темряві знаходить яру в гірській місцевості, користуючись світлом ліхтарика, яке освітлює лише один крок вперед. Орієнтована на світло, людина визначає найнижче місце та спускається крок за кроком до дна яру [9].

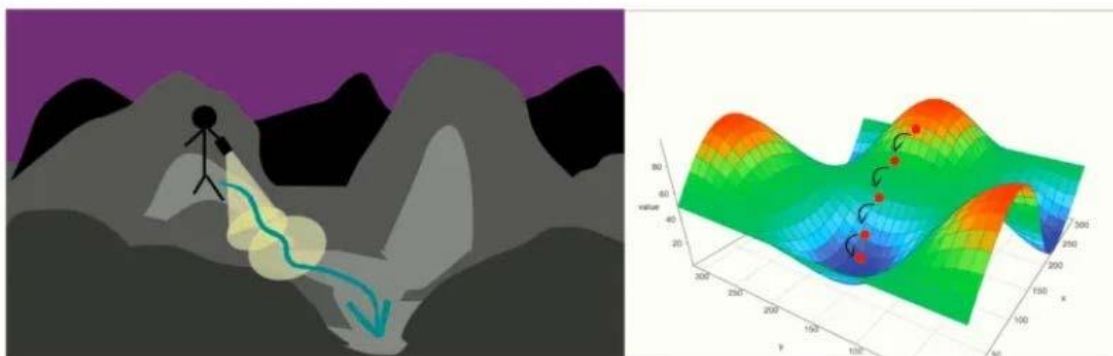


Рисунок 1.7 – Графічне зображення процесу навчання нейронної мережі [9]

Таким же чином нейронна мережа шукає найменше відхилення сигналу вихідної функції на кожному нейроні і відповідно коригує коефіцієнт зважування w на його вході. Однак, на відміну від людей, які шукають послідовно, нейронні мережі можуть паралельно виконувати корекцію ваги нейронів на всіх нейронах та на всіх шарах. Процес тренування нейронної мережі може зайняти від декількох секунд до декількох днів, залежно від складності

завдання та глибини нейронної мережі та швидкості процесора, який буде нейрон[9].

Отже сучасні нейронні мережі виступають як основа для впровадження технологій, таких як штучний інтелект, комп'ютерне зорове сприйняття та відеоаналіз. Можна стверджувати, що нейронні мережі імітують процес нервової діяльності та мислення людини (рисунок 1.3). Вони працюють, виконуючи обчислення, які мають на меті імітувати процеси розпізнавання та логічного мислення людей.

1.3 Актуальність застосування методів штучного інтелекту в телекомунікаційних системах

Телекомунікаційна індустрія пройшла значні трансформації протягом років, спрямованих на досягнення в галузі технологій. Зі стрімким зростанням попиту на дані та поширенням підключених пристроїв постачальники телекомунікацій стикаються з великим тиском для оптимізації своїх мереж та забезпечення безперешкодного користувацького досвіду. Для вирішення цього виклику штучний інтелект (ШІ) виходить на передовий план як технологія, що змінює правила гри, революціонізуючи управління трафіком в телекомунікаціях. Давайте детальніше розглянемо, як ШІ підвищує ефективність та трансформує ландшафт телекомунікацій.

1. Інтелектуальна оптимізація мережі.

ШІ надає можливість постачальникам телекомунікацій прогнозувати оптимальне функціонування мережі та підвищувати ефективність. Алгоритми ШІ, аналізуючи величезні обсяги даних у реальному часі, можуть виявляти точки затору в мережі, передбачати патерни трафіку та ефективно розподіляти ресурси мережі. Ці інтелектуальні оптимізації дозволяють телекомунікаційним мережам обробляти зростаючі навантаження трафіку, не жертвуючи продуктивністю, забезпечуючи безперервність підключення для користувачів.

- Алгоритми ШІ можуть виявляти точки затору в мережі та оптимізувати ємність мережі відповідно.
- Автоматизований прогноз трафіку допомагає постачальникам телекомунікацій виділяти ресурси в реальному часі.
- Ефективне використання ресурсів мережі призводить до покращення її продуктивності та зменшення перерв.

2. Прогнозування та виявлення несправностей.

Утримання телекомунікаційної мережі включає значні витрати на інфраструктуру та регулярний технічний обслуговування. Однак ручні процеси технічного обслуговування можуть бути часомісткими та неефективними. Рішення на основі прогнозування та виявлення несправностей, працюючи на основі ШІ, дозволяють постачальникам телекомунікацій виявляти потенційні проблеми мережі ще до їх ескалації, дозволяючи проводити проактивні втручання та запобігати перервам у наданні послуг.

- Алгоритми прогнозування розглядають історичні дані для передбачення відмов компонентів та планування технічних обслуговувань відповідно.
- Системи виявлення несправностей в реальному часі використовують ШІ для миттєвого виявлення аномалій в мережі та викликання відповідних заходів для їх швидкого вирішення.
- Оптимізовані графіки технічного обслуговування зменшують час простою та заощаджують кошти для постачальників телекомунікацій.

3. Інтелектуальна підтримка клієнтів.

Рішення для підтримки клієнтів, приведені в рух за допомогою ШІ, стають все більш популярними в телекомунікаційній індустрії. Алгоритми обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP) та чат-боти дозволяють постачальникам телекомунікацій надавати миттєву та персоналізовану допомогу клієнтам, вирішуючи їх запитання та питання в реальному часі. Системи підтримки, рухаючись за ШІ, покращують не лише задоволення клієнтів, але й звільняють людські ресурси для вирішення більш складних проблем.

- Чат-боти на основі ШІ забезпечують цілодобову підтримку клієнтів, зменшуючи час відповіді на клієнтів.
- Алгоритми обробки природної мови дозволяють чат-ботам розуміти та точно відповідати на складні запитання клієнтів.
- Покращена підтримка клієнтів призводить до підвищення задоволення клієнтів та зменшення відтоку клієнтів.

4. Безпека мережі та виявлення загроз.

Телекомунікаційні мережі є основними цілями для кібератак через великі обсяги чутливих даних, які вони обробляють. ШІ відіграє важливу роль у підвищенні безпеки мережі за допомогою виявлення потенційних загроз, аналізу патернів та запобігання порушенням безпеки. За допомогою алгоритмів машинного навчання постачальники телекомунікацій можуть прогнозувати аномалії та захищати свої мережі від зловмисних дій.

- Системи виявлення загроз на основі ШІ аналізують мережевий трафік в реальному часі для виявлення потенційних кібер-загроз.
- Алгоритми машинного навчання покращуються з часом, дозволяючи краще виявляти та запобігати розвиваючим загрозам.
- Покращена безпека мережі захищає чутливі дані користувачів і забезпечує їхню довіру.

Отже телекомунікаційна індустрія пережила значні трансформації, адаптуючись до зростаючого попиту на дані та змін у споживацьких звичках. Щоб відповісти на виклики цього конкурентного середовища, постачальники телекомунікацій вдаються до використання штучного інтелекту (ШІ), щоб оптимізувати свої мережі та підвищити якість обслуговування.

Інтелектуальна оптимізація мережі за допомогою ШІ дозволяє передбачати та управляти трафіком, що призводить до збільшення ефективності і забезпечення безперервності зв'язку для користувачів. Прогнозування та виявлення несправностей дозволяють постачальникам проводити проактивні заходи технічного обслуговування, зменшуючи час простою та економлячи кошти.

Інтелектуальна підтримка клієнтів, включаючи чат-ботів та алгоритми обробки природної мови, поліпшує взаємодію з користувачами, забезпечуючи швидкі та персоналізовані відповіді на їхні запитання. Нарешті, застосування ШІ у сфері безпеки мережі допомагає виявляти та запобігати кіберзагрозам, захищаючи дані користувачів та забезпечуючи їхню конфіденційність.

1.4 Висновок до розділу

В сучасному світі розвиток штучного інтелекту наростає зі швидкістю бурі. Це становить новий етап у розвитку технологій, аналогічний винаходу комп'ютерів та інтернету, і визначає ключові тенденції наступного десятиліття. Перехід від людських експертів до систем штучного інтелекту, зокрема експертних систем, де це можливо, сприяє прискоренню та здешевленню процесів виробництва.

Застосування роботів та інших механізмів у особливо шкідливих та небезпечних професіях може покращити безпеку та ефективність. Тим не менше, це не призводить до безробіття, оскільки обслуговування та ремонт цих механізмів залишаються відповідальністю людей, принаймні до появи роботів, здатних діагностувати та ремонтувати інших роботів.

Результати роботи систем штучного інтелекту не обумовлені багатьма факторами, які властиві людям. Виявлено, що найкращі результати досягаються у співпраці з людьми. Робот слугує лише оболонкою для штучного інтелекту, який, в свою чергу, виступає мозком. Прикладом може служити асистент iOS Siri, де голос - це персоніфікація штучного інтелекту, і робота відсутня.

Системи штучного інтелекту вже широко використовуються в різних сферах, таких як метеопрогноз та економічне планування, полегшуючи повсякденне життя та розв'язуючи проблеми, створені самою людиною. Штучний інтелект має потенціал принести наше життя на новий рівень, забезпечуючи безпечніші дороги, поліпшення в галузі медицини та

функціонуючи як незамінний помічник для різних категорій населення. В області досліджень з штучного інтелекту вже досягнуто успіхів у виробництві пристроїв, які моделюють розумові функції низького рівня.

2 АНАЛІЗ АНТЕННИХ СИСТЕМ

2.1 Загальні характеристики антен

Антенна техніка відіграє важливу роль у бездротових комунікаціях, телекомунікаціях та радіоелектроніці. Її основні поняття становлять фундамент для розробки та вдосконалення антен, що дозволяє забезпечити ефективні засоби передачі та прийому електромагнітних сигналів.

Спрямованість представляє собою ключову характеристику антен, яка визначає нерівномірність випромінювання (чи прийому) сигналів у різних напрямках. Для оцінки ступеня спрямованості різних типів антен використовується поняття абсолютно ненаправленої антени, такої як ізотропний випромінювач, який спроможний рівномірно випромінювати електромагнітну енергію у всі напрямки. Важливо зазначити, що усі існуючі антени мають певний ступінь спрямованості, відсутність абсолютно ненаправленої дії визначається як виняток. Характеристика спрямованості визначає, як поле випромінювання змінюється в залежності від напрямку при постійній відстані від точки спостереження до антени та незмінній введеній потужності

Діаграма спрямованості (ДС) це графічне відображення характеристики спрямованості. Просторова діаграма спрямованості може бути представлена у вигляді поверхні, де радіус-вектор, який виходить з центру та направлений до певної точки поверхні, пропорційний полю випромінювання у відповідному напрямку. Перетин поверхні діаграми спрямованості площинами, що проходять через центр, називається діаграмою спрямованості у відповідній площині. Говорячи про антени, можна визначити, що більшість антен мають виражену спрямованість, тобто вони концентрують випромінювання в обмеженому тілесному куті і володіють "олівцевою" (гострою) ДС, як показано на рис. 2.1, або ДС типу віяння, як на рис. 2.2. У випадках, коли антена розподіляє

випромінювання рівномірно в горизонтальній площині, її можна вважати ненапрямленою і визначати як маючу кругову (рівномірну) [6].

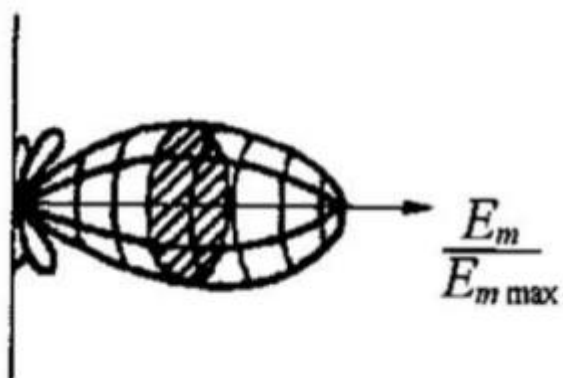


Рисунок 2.1 – Діаграма спрямованості голчастого типу [6]

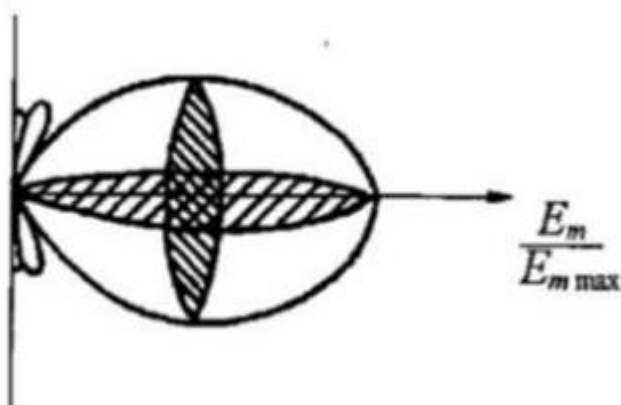


Рисунок 2.2 – Діаграма спрямованості віяного типу [6]

При розгляді спрямованої дії важливо звернути увагу на поляризаційну характеристику антени, яка визначає, якою є поляризація випромінюваних і прийманих хвиль. Антена може створювати поле із вертикальною, горизонтальною, круговою або еліптичною поляризацією, і це залежить від напрямку її обертання. Поля хвиль можуть бути як право-напрямленими, так і ліво-напрямленими. Для порівняння спрямованості дії різних антен і розрахунку

їх характеристик зазвичай використовують ряд параметрів, що визначаються на основі форми діаграми спрямованості.

Також важливою характеристикою є енергетична властивість, яка визначає максимально допустиму потужність випромінювання. Ця властивість гарантує електричну міцність і прийнятний тепловий режим, враховуючи такі параметри, як потужність НВЧ-втрат в антено-фідерному тракті, потужність шумів на вході приймача, необхідну для управління положенням променя в просторі і інші. Конкретні значення цих потужностей характеризуються ККД, шумовою температурою, входним опором антени, хвильовим опором фідера, узгодженням в живильному фідері та іншими параметрами.

Отже усе враховуючи, антенна техніка відіграє невід'ємну роль у бездротових комунікаціях, телекомунікаціях та радіоелектроніці, забезпечуючи ефективні засоби передачі та прийому електромагнітних сигналів. Ключовою характеристикою антен є їхня спрямованість, яку визначає нерівномірність випромінювання у різних напрямках. Діаграма спрямованості визначає цю характеристику графічно, а поляризаційна характеристика вказує на положення поля електромагнітних хвиль. Антени можуть мати різні форми діаграм спрямованості та поляризації, відображаючи їхню специфіку та застосування. Зрозуміння цих характеристик дозволяє вдосконалювати антенні системи для оптимального використання у різних умовах та застосуваннях.

2.2 Класифікація антен

Відповідно до визначеної класифікації, антени, які працюють у діапазоні високочастотних хвиль (ВЧ), вважаються антенами надвисоких частот (НВЧ) і охоплюють діапазон дециметрових, сантиметрових і міліметрових хвиль (від 300 МГц до 300 ГГц) [1]. За їхніми особливостями антени НВЧ можна класифікувати на наступні типи:

- Випромінювачі у вигляді відкритих кінців хвилеводів та рупорні антени.

- Дзеркальні антени.
- Лінзові антени.
- Щілинні антени.
- Діелектричні стрижневі антени.
- Антени поверхневих хвиль.
- Антени витікаючої хвилі.
- Спіральні антени.
- Антенні решітки, в яких випромінювачі можуть належати будь-якому з перерахованих типів антен.

У відповідності з принципом дії, всі види антен НВЧ можна розділити на наступні категорії:

- Апертурні антени;
- Антени біжучої хвилі;
- Фазовані антенні решітки (ФАР).

Давайте розглянемо антени НВЧ більш детально, починаючи з апертурних антен. Апертурні антени представляють собою антени, у яких можна виділити плоский фронт, що випромінює хвилі. Цей фронт називається апертурою. До категорії апертурних антен відносять хвилеводні та рупорні випромінювачі, дзеркальні антени, а також лінзові антени.

Антени біжучої хвилі представляють собою неперервні структури, де випромінювання електромагнітних хвиль відбувається в результаті поширення уздовж них біжучої хвилі електромагнітного поля або струму. До цього типу антен відносяться діелектричні стрижневі антени, антени поверхневих хвиль, циліндричні і конічні спіральні антени, а також антени витікаючої хвилі.

Розглянемо тип антен, а саме фазовані антенні решітки, що складаються з системи окремих випромінювачів, які об'єднані загальним живленням, і кожен з цих випромінювачів оснащений керованим фазообертачем, розташованим у тракті живлення. Таким чином, фазовий розподіл струму в випромінювачах решітки та напрямок основної пелюстки діаграми спрямованості можуть змінюватися за допомогою фазообертача при нерухомій решітці. У ролі окремих

випромінювачів у фазованих антенних решітках часто використовуються щілинні, хвилеводні і рупорні випромінювачі, а також випромінювачі у вигляді діелектричних і спіральних структур.

1. Рупорні антени

До цього типу антен відноситься рупорна антена, яка формується за допомогою розширення прямокутного або круглого хвилеводу. При розширенні прямокутного хвилеводу утворюється Н- або Е-секторіальний рупор в одній площині. Існують Н та Е площини секторіального рупора, і це залежить від того, в якій площині відбувається розширення. У випадку, коли розширення хвилеводу відбувається в обох площинах одночасно, отримуємо пірамідальний рупор. На рисунку 2.3 можна побачити рупорну антену.



Рисунок 2.3 – Рупорна антена [7]

2. Дзеркальна антена

Дзеркальна антена (зображена на рис. 2.4) представляє собою комплекс, що включає слабо-напрявлений опромінювач 1 та металевий відбивач (дзеркало) 2. Конфігурацію поверхні дзеркала обирають так, щоб сферичний фронт хвилі 3, що надходить від опромінювача до дзеркала, після відбиття перетворювався у плоский фронт хвилі 4. В результаті утворюються паралельні пучки, які

створюють високо-напрявлену діаграму спрямованості, якщо розглядати промені, що розходяться від опромінювача після відбиття від дзеркала, з точки зору геометричної оптики. Існують різні форми дзеркала, такі як параболоїд обертання, параболічний циліндр та антени зі спеціальним профілем дзеркала.



Рисунок 2.3 – Дзеркальна антена [7]

3. Антенні решітки

Антенні решітки – на рисунку 2.4 можна побачити складену антену, відома як антенна решітка, складається з групи або окремих антенних елементів, розташованих у просторі з визначеним порядком, орієнтованих і збуджених таким чином, щоб досягти заданої діаграми спрямованості [7]. Цей тип антени дозволяє досягти визначених радіотехнічних характеристик, таких як напрямок, форма та ширина променя, коефіцієнт спрямованої дії та інші, за допомогою формування конкретного розподілу амплітуд і фаз струмів або полів, що збуджують випромінювальні елементи (амплітудно-фазовий розподіл, АФР).

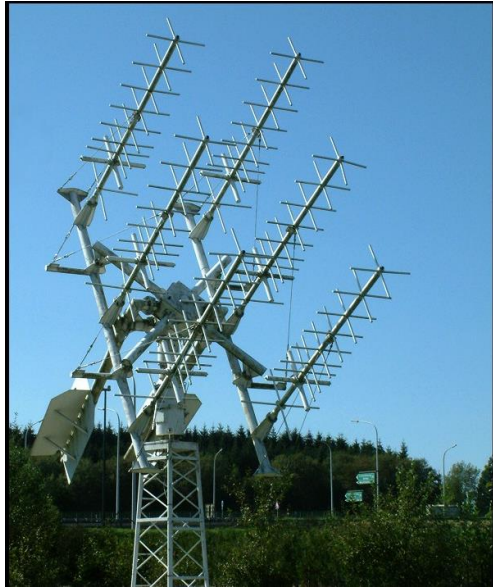


Рисунок 2.4 – Антенна решітка для супутникового зв'язку [8]

Антенна решітка відрізняється від окремих антен (таких як рупорні чи дзеркальні антени) тим, що вона використовує амплітудно-фазовий розподіл (АФР) для досягнення поставлених завдань, у порівнянні з вибором форми, розмірів, матеріалів та конструкції. В антенній решітці АФР є фіксованим, і немає можливості змінювати його у робочому режимі. Наприклад, для зміни напрямку променя в просторі, випромінювальне полотно антенної решітки необхідно механічно повертати.

Фазована антенна решітка (ФАР) є більш складною антеною, оскільки вона дозволяє змінювати АФР або отримувати кілька фіксованих варіантів АФР послідовно чи одночасно в часі. Однією з особливостей антенної решітки є об'єднання входів випромінювальних елементів у єдиний вхід, що робить її фазованою антенною решіткою.

Отже огляд реальних конструкцій широкосмугових випромінюючих пристроїв показав, що вони за звичай мають великі геометричні розміри. Другою особливістю таких антен є те, що в них не завжди забезпечується достатнє узгодження з кабелем живлення у всьому робочому діапазоні частот. Тому існує потреба у створенні ефективних компактних широкосмугових випромінювачів

2.3 Аналіз застосування методу інтелектуальний агент

Інтелектуальні агенти - це нова парадигма розробки програмних застосунків. Більше того, обчислювальні системи на основі агентів були високо висловлені як "наступний значущий прорив в розробці програмного забезпечення" (Сарджент, 1992) і "нова революція в програмуванні" (Ovum, 1994). Наразі агенти є об'єктом інтенсивного інтересу багатьох підгалузей комп'ютерних наук і штучного і стосунках, починаючи від порівняно невеликих систем, таких як фі інтелекту. Агенти використовуються в все більш різноманітних зальтри електронної пошти, до великих, відкритих, складних і критичних систем, таких як керування повітряним рухом. Спершу може здатися, що такі різні типи систем мають мало спільного. І все ж це не так: в обох випадках ключовою абстракцією є агент.

Перш ніж ми зможемо докладно обговорити розробку систем на основі агентів, нам потрібно описати, що ми маємо на увазі під такими термінами, як "агент" та "система на основі агентів". На жаль, ми відразу стикаємося з труднощами, оскільки деякі ключові концепції в обчислювальних системах на основі агентів не мають універсально прийнятих визначень. Зокрема, навіть немає реальної згоди щодо основного питання про те, що саме представляє собою агент (див. N. R. Дженнінгс та ін. (ред.), Технологія агентів © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998 4 Дженнінгс та Улдрідж Франклін і Грейсер (1996) для обговорення). Однак ми вважаємо, що більшість дослідників буде широко погоджуватися з наступними визначеннями (Улдрідж і Дженнінгс, 1995).

По-перше, агент - це комп'ютерна система, розташована в певному середовищі, і здатна до автономних дій в цьому середовищі для досягнення своїх конструктивних завдань. Автономія - це складне поняття, яке важко точно визначити, але ми розуміємо його просто в тому сенсі, що система повинна мати можливість діяти без прямого втручання людей (або інших агентів) і повинна

мати контроль над своїми власними діями та внутрішнім станом. Може бути корисно провести аналогію між поняттям автономії щодо агентів та інкапсуляцією щодо об'єктно-орієнтованих систем. Об'єкт інкапсулює деякий стан і має контроль над цим станом в тому сенсі, що його можна отримати або змінити тільки за допомогою методів, які надає об'єкт.

Агенти інкапсулюють стан так само. Проте ми також розглядаємо агентів як інкапсулюючих поведінку, крім стану. Об'єкт не інкапсулює поведінку: він не має контролю над виконанням методів - якщо об'єкт x викликає метод m для об'єкта y , то y не має контролю над тим, чи буде виконано m чи ні - він просто є. У цьому сенсі об'єкт y не є автономним, оскільки він не має контролю над своїми власними діями. Навпаки, ми вважаємо агента, як маючого саме такий контроль над тим, які дії він виконує. Заради цього розрізнення ми не вважаємо агентів викликаючими методи (дії) на агентах - навпаки, ми схильні вважати їх запитанням про виконання дій. Вирішення про те, чи виконати запит, лежить на отримувачі [12].

Звісно, автономні комп'ютерні системи - це не новий розвиток. Існує багато прикладів таких систем. Приклади включають: будь-яка система керування процесом, яка повинна моніторити реальне середовище і виконувати дії для його зміни з урахуванням зміни умов (зазвичай в реальному часі) - такі системи варіюються від дуже простих (наприклад, термостати) до надзвичайно складних (наприклад, системи керування ядерним реактором), демони програмного забезпечення, які моніторять програмне середовище і виконують дії для його зміни з урахуванням зміни умов - простий приклад - це програма `xbiff` в UNIX, яка моніторить вхідну електронну пошту користувача і привертає їхню увагу, відображаючи значок при виявленні нової, вхідної електронної пошти. Може здатися дивним, що ми вирішили називати такі системи агентами. Проте це не інтелектуальні агенти. Інтелектуальний агент - це комп'ютерна система, яка здатна до гнучких автономних дій для досягнення своїх конструктивних завдань. Під гнучкістю ми розуміємо, що система повинна бути: реактивною: агенти повинні сприймати своє середовище (яке може бути фізичним світом,

користувачем, колекцією агентів, Інтернетом і т. д.) і вчасно реагувати на зміни в ньому,

Отже інтелектуальні агенти представляють собою нову парадигму розробки програмних застосунків, що викликає великий інтерес у комп'ютерних науках. Вони здатні до автономних дій в конкретному середовищі з метою досягнення своїх завдань. Агенти використовуються в різних галузях, від систем штучного інтелекту до управління повітряним рухом. Основна ідея полягає в тому, що агент - це комп'ютерна система, що діє автономно, маючи контроль над своїми діями та внутрішнім станом. Ця нова парадигма вважається перспективною і обіцяє значний прорив у розробці програмного забезпечення. Важливою характеристикою агентів є їхня гнучкість та здатність до реакції на зміни в оточуючому середовищі.

2.4 Висновок до розділу

Усе враховуючи, антенна техніка відіграє ключову роль у бездротових комунікаціях, телекомунікаціях та радіоелектроніці, забезпечуючи ефективність передачі та прийому електромагнітних сигналів. Характеристики антен, такі як спрямованість, діаграма спрямованості та поляризаційна характеристика, визначають їхню ефективність та застосування. Реальні конструкції широкосмугових антен часто вимагають компактності та узгодження з кабелем живлення.

Окрім того, інтелектуальні агенти, представляючи нову парадигму в розробці програм, вражають своєю гнучкістю та здатністю до автономних дій. Вони знаходять застосування в різних галузях, від систем штучного інтелекту до управління повітряним рухом, і обіцяють значний прорив у сфері розробки програмного забезпечення.

3 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У КОНЦЕПЦІЇ " РОЗУМНА АНТЕНА "

3.1. Поняття концепції "Розумна антена"

У сучасних комунікаційних системах все більше уваги приділяється технологіям цифрового формування діаграми напрямку, які використовують цифрові антенні решітки (ЦАР), також відомі як Смарт -антени чи "розумні антени". Ці технології відіграють ключову роль у створенні цифрових діаграм напрямку антени, або цифрового формування променя. Без використання ЦДУ практично неможливо реалізувати концепції мобільного зв'язку 4-го та 5-го поколінь. Цифрове формування пелюстки вдається завдяки використанню ЦАР, які також відомі як "розумні антени" чи "інтелектуальні антени".

Цифрова антенна решітка представляє собою антенну систему, яка об'єднує набір аналого-цифрових каналів з єдиною фазовою точкою і формує діаграму напрямленості у цифровій формі без використання фазообертачів.

Перші застосування цифрових антенних решіток були спрямовані на базові станції стандарту CDMA американської компанії Metawave Communications. Ці антени виготовлялися як частина інтегрованих Smart - антен Spotlight та працювали в діапазоні несущих від 800 до 900 МГц, підтримуючи полосу в діапазоні 1800-1900 МГц. [10]

Зразок базової станції із типовою Зтаг1-антеною від Metawave включає 12-елементний масив випромінювачів, розташованих за схемою з трьома секторами (див. мал.3.1). Кожна секторна решітка формується з чотирьох антенних елементів (див. мал.3.2), а їх характеристики можна побачити на мал.3.3. Така антенна система має численні переваги порівняно з фазированою антенною решіткою (ФАР).

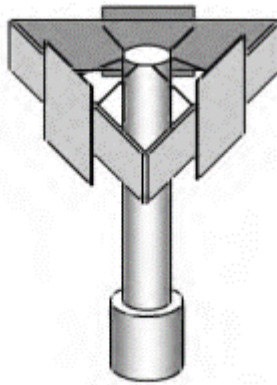


Рисунок 3.1– Антенна система компанії [10]

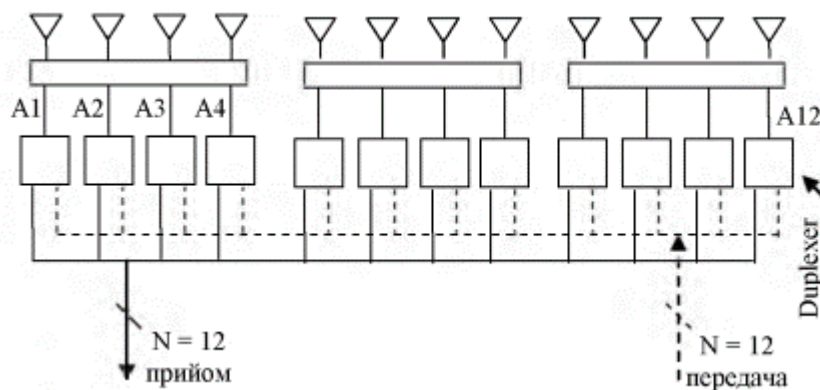


Рисунок 3.2 – Структура прийомо-передаючої 12- елементної ЦАР від Metawave [10]

Ширина діаграми напрямленості (ДН) кожного антенного елемента досягає приблизно 30 градусів на рівні -3 дБ. З використанням цифрового формування променя можна регулювати ширину основних парціальних пелюсток у кожному сегменті цифрової антенної решітки (ЦАР) до 60, 120 або 180 градусів. Сектор випромінювання може зміщуватися відносно нормалі на кут ± 30 градусів, і форма діаграми направленості антени може мати конфігурацію з трьох, чотирьох або шести секторів (див. мал.3.3) [10].

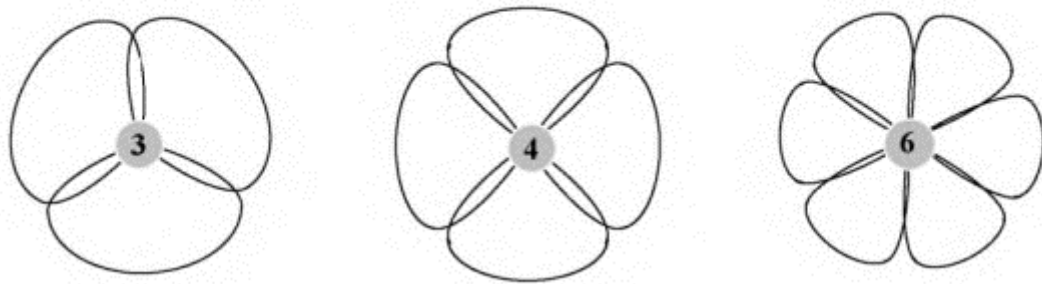


Рисунок 3.3 – Багатосекторна конфігурація діаграми направленості ЦАР [10]

Ця антенна система може в реальному часі вирізати до трьох секторних напрямків у кожному з 120-градусних секторів, що піддаються радіоперешкодам (088 - динамічний синтез сектора). Цей аспект спрощує планування частот в мережі, а оператор базової станції може раціонально розподіляти ресурси мережі, враховуючи конкретність абонентів, пов'язаних із характером оточуючого ландшафту, часом доби і неочікуваними обставинами (див. рис. 3.4).

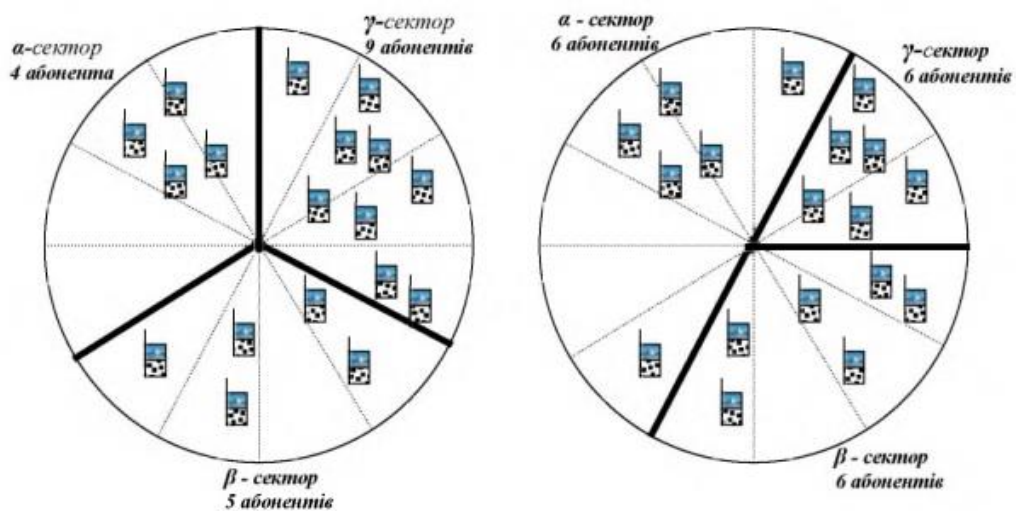


Рисунок 3.4 – Посекторна адаптація навантаження мереж Smart-антени [11]

На лівій частині малюнка 3.4 видно конфігурацію діаграми напрямленості (ДН) антени з трьома сегментами по 120 градусів у горизонтальній площині. Проте в даний момент розподіл навантаження в мережі нерівномірний: в секторі "а" є 4 абоненти, в секторі "в" - 5 абонентів, а в секторі "у" - 9 абонентів. На правій частині малюнка представлена така сама трьох-секторна конфігурація ДН для Зшагі-антени, але після її адаптації до поточного навантаження: сектор "а" збільшився зліва і справа на 30 градусів, охопивши 6 абонентів; сектор "в" зменшився з правої сторони і збільшився зліва на 30 градусів, також охопивши 6 абонентів; сектор "у" зменшився зліва і справа на 30 градусів, також охопивши 6 абонентів..

У процесі цифрового формування діаграми напрямленості застосовується швидке перетворення Фур'є (БПФ) для комплексних сигналів прийомних каналів, отриманих в один і той же момент часу. Це призводить до утворення сузір'я просторових характеристик напрямленості $P(\alpha)$, закон зміни яких визначається для лінійно рівномірно розташованої антенної решітки виразом [10].

Отже, в процесорі цифрової обробки сигналів (FPGA або ПЛІС) створюється віртуальне сузір'я діаграми напрямленості. Це віртуальне сузір'я орієнтоване так, щоб максимуми його пелюсток вказували у напрямок корисних сигналів від реальних абонентів, тоді як провали між пелюстками орієнтуються у напрямку інших сигналів, розгляданих як перешкоди (рис. 3.6).

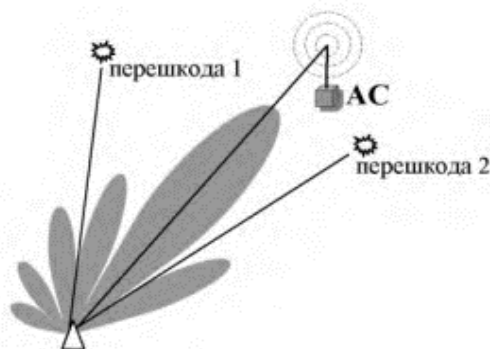


Рисунок 3.5 – Сузір'я діаграми направленості ЦАР [11]

Сузір'я променів, створене алгоритмом швидкого перетворення Фур'є (БПФ) або за допомогою класичних процедур дискретного Фур'є-аналізу, представляє собою сукупність просторово-частотних фільтрів. Кожен з цих фільтрів виконує селекцію конкретного набору сигналів і приглушає інші сигнали, розглядаючи їх як перешкоду. Цифрове формування пелюстки значно покращує якість зв'язку в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль і значно підвищує стійкість системи до помех в умовах інтенсивного радіочастотного впливу [11].

Це пояснюється тим, що характеристики цифрових фільтрів в антенних каналах практично ідентичні. Різноманіття характеристик фільтрів призводить до того, що при випадкових помилках в кожному каналі з'являється мультиплікативний сигнал помилок, який пропорційний добутку амплітуди помилки на відхилення характеристик вхідного фільтру від номінального значення.

Мультиплікативні помилки, що проявляються як згасання сигналу, виявляються менш несприятливими порівняно з адитивними помилками. Фактично, від адитивного шуму, однакового для кожного каналу, можна позбавитися, ідентифікувавши його як загальну компоненту у всіх каналах і віднімаючи його зі сигнальної суми. У випадку мультиплікативних сигналів помилок компенсація стає неможливою. Однак завдяки технології цифрового діаграмоутворення (ЦДУ) вдається мінімізувати вплив мультиплікативних перешкод.

Отже сучасні комунікаційні системи активно розвивають технології цифрового формування діаграм напрямку, використовуючи цифрові антенні решітки, відомі як "розумні антени". Ці інноваційні технології відіграють важливу роль у створенні цифрових діаграм напрямку антени, що є вирішальним для реалізації концепцій мобільного зв'язку 4-го та 5-го поколінь.

Цифрова антенна решітка, чи "розумна антена", спрощує об'єднання аналого-цифрових каналів та формує діаграму напрямленості у цифровій формі,

уникаючи використання фазообертачів. Це рішення вирішує проблеми, пов'язані з багатолучевим розповсюдженням та значно підвищує якість зв'язку, особливо в умовах інтенсивного радіочастотного впливу.

Огляд базової станції з ЦАР від Metawave вказує на успішне впровадження цифрового формування променя, що дозволяє раціонально розподіляти ресурси мережі та динамічно адаптувати напрямки антени до змін навантаження в реальному часі.

3.2 Аналіз застосування MIMO системи на базі Цифровій антенній решітці

Цифрові антенні решітки (ЦАР) в радіоканалах класифікуються за чотирма типами:

1. SISO (один вхід - один вихід): Звичайні антени використовуються як для передачі, так і для прийому.
2. MISO (багато входів - один вихід): ЦАР використовується тільки для прийому.
3. SIMO (один вхід - багато виходів): ЦАР використовується тільки для передачі.
4. MIMO (багато входів і виходів): ЦАР використовується одночасно для прийому і передачі радіосигналу.

Отже, залежно від режиму роботи ЦАР можна розглядати як систему з одним або багатьма каналами випромінювання. Наприклад, використання Зшаг1-антени для формування єдиного променя на передачу і прийом відповідає системі SISO.

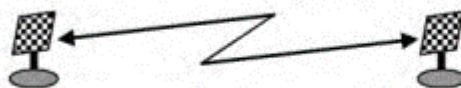


Рисунок 3.6 – Система SISO [11]

Якщо базова станція виконує прийом сигналу з декількох напрямків по різним синтезованих променях, а передавачі абонентських терміналів випромінюють сигнал лише в одному напрямку, то ЦАР базової станції працює в режимі MISO

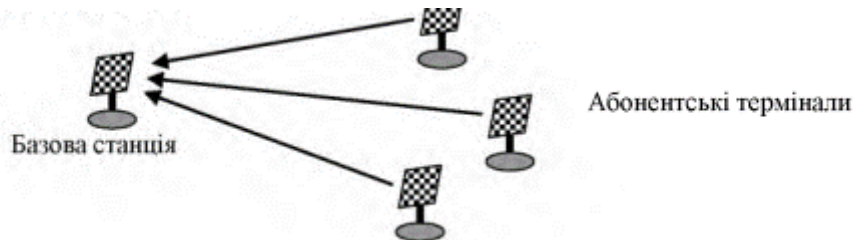


Рисунок 3.7 – Система MISO [11]

При одночасному випромінюванні базовою станцією сигналу в напрямку декількох абонентських терміналів, що формують єдині промені в напрямку базової станції, то ЦАР базової станції працює в режимі SIMO [11].

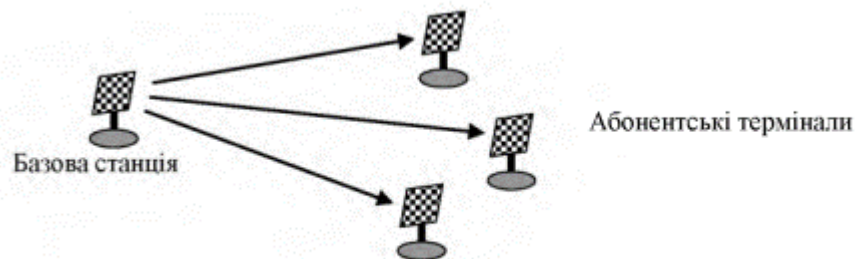


Рисунок 3.9 – Система SIMO [11]

Остаточно, режим MIMO відповідає функціонуванню цифрової антенної решітки (ЦАР) базової станції, при якому одночасно формуються промені для прийому і передачі сигналів, спрямованих до різних абонентських терміналів.

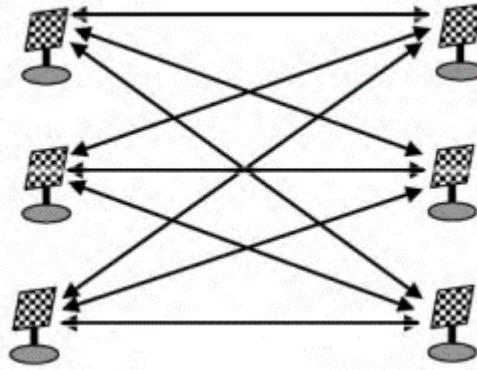


Рисунок 3.10 – Система MIMO [11]

Особливою характеристикою використання передавальних цифрових антенних решіток (ЦАР) у розглянутих сценаріях є те, що всі канали цих решіток беруть участь у створенні єдиного випроміненого сигналу. Проте можливий альтернативний варіант, де кожен частковий канал передавальної ЦАР функціонує як самостійне і незалежне джерело інформації та випромінює власний сигнал, що не взаємодіє електро-магнітно з іншими каналами ЦАР.

У цьому випадку потік даних на передавальній стороні перед випромінюванням розбивається на незалежну послідовність бітів, які подальше передаються на приймальний пункт одночасно, використовуючи структуру паралельності антен. Ця технологія отримала назву просторового мультиплексування або просторово-часового кодування (Spatial Division Multiple Access - SDMA). Саме цей режим є основою для майбутніх стандартів IEEE 802.11p та IEEE 802.16-2004.

Отже, систему MIMO слід розглядати як сукупність передавальних ЦАР, які працюють в режимі автономного випромінювання сигналів по кожному каналу передачі інформації, а також як сукупність приймальних ЦАР із сумісною (кооперативною) обробкою усіх сигналів на виходах їх приймачів.

Для простоти конструкції таких ЦАР можна використовувати чотири вібраторні антени, розташовані на оберненому боці кришки ноутбука. Для мінімізації MIMO-систем можна використовувати 2- та 4-елементні ЦАР, які працюють в різних діапазонах частот. На малюнку зображено конфігурацію

такого об'єднання МІМО-антен, обслуговуючи канали 900 МГц (2-елементна ЦАР) та канали 1800 МГц (4-елементна ЦАР).

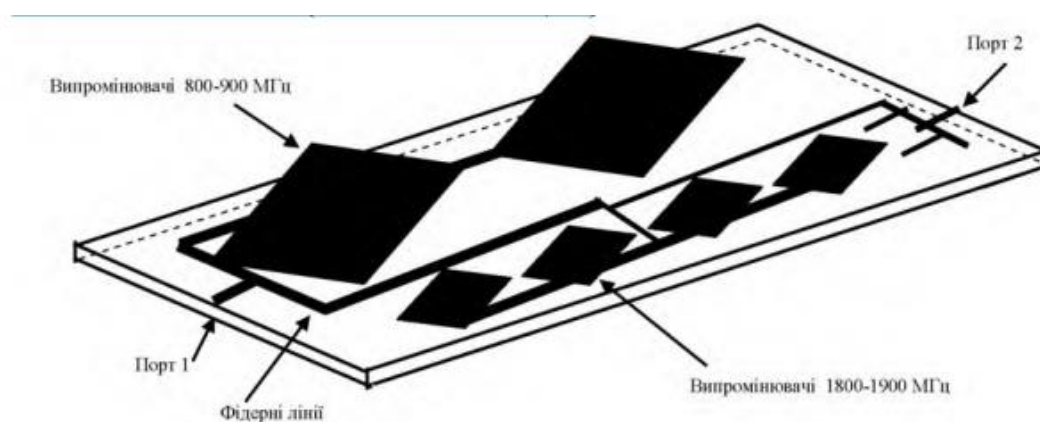


Рисунок 3.11 – Двох поляризаційна решітка [11]

Представлені антенні решітки мають дві поляризаційні компоненти, що сприяє ефективності комунікаційних засобів в умовах розповсюдження радіохвиль з численними напрямками. Крім того, при незалежній передачі сигналів через кожен поляризаційну складову пропускна здатність каналів зв'язку подвоюється.

Така архітектура ЦАР також забезпечує підвищений захист від радіоперешкод. При використанні схеми "2 передавача - 4 приймача" формуються два нулі в ДН приймальної ЦАР у напрямках джерел радіоперешкод або в напрямках відбиття радіохвиль.

Системи МІМО дозволяють знизити кількість помилок у передачі даних без зменшення швидкості передачі, особливо в умовах багатьох відбитті промені сигналу від перешкод. Багатоелементні антенні пристрої надають ряд переваг:

- Розширення зони покриття радіосигналами і гладження мертвих зон[11];
- Використання декількох шляхів розповсюдження сигналу, що підвищує надійність роботи в умовах менших проблем зі завмиранням, відбиттям.;

- Збільшення пропускної здатності ліній зв'язку за рахунок створення фізично різних каналів (з розділеними просторово ортогональними кодами, частотами та поляризацією).

Для розділення сигналів в MIMO-системах застосовують просторово-часове, просторово-частотне, просторово-поляризаційне кодування та збільшення роздільної здатності сигналів у напрямку їх прийому. Проста антена MIMO може складатися з двох несиметричних вібраторів (монополь), орієнтованих під кутом +45 відносно вертикальної вісі. Такий підхід дозволяє одночасно передавати сигнали на однакових несучих з різними методами модуляції та подвоює пропускну здатність лінії зв'язку в порівнянні з випадком одиничного монополя, забезпечуючи високу взаємну розв'язку по крос-поляризаційній складовій. Таким чином, будь-яку систему з подвійною поляризацією можна розглядати як MIMO-систему[11].

Отже радіоканалах цифрові антенні решітки (ЦАР) класифікуються за чотирма типами, враховуючи різні режими роботи: SISO (один вхід - один вихід), MISO (багато входів - один вихід), SIMO (один вхід - багато виходів) і MIMO (багато входів і виходів). Залежно від цього, ЦАР можна розглядати як систему з одним або багатьма каналами випромінювання.

Різні режими роботи ЦАР відображаються на прикладі базової станції, яка використовується для прийому та передачі сигналів. Для прикладу, у режимі SISO використовуються звичайні антени для обидвох напрямків, в той час як у режимі MISO ЦАР використовується лише для прийому.

Система SIMO використовує ЦАР для передачі сигналу в один напрямок від базової станції до кількох абонентських терміналів. У режимі MIMO, ЦАР використовується одночасно для прийому і передачі сигналів, що дозволяє ефективно використовувати ресурси мережі та підвищує пропускну здатність.

3.3 Висновок до розділу

Отже в сучасні комунікаційні системи активно використовують технології цифрового формування діаграм напрямку через цифрові антенні решітки, відомі як "розумні антени". Ці інноваційні технології відіграють важливу роль у розвитку концепцій мобільного зв'язку 4-го та 5-го поколінь.

Цифрова антенна решітка, або "розумна антена", спрощує об'єднання аналого-цифрових каналів та формує діаграму напрямленості у цифровій формі, уникаючи використання фазообертачів. Це рішення ефективно вирішує проблеми, пов'язані з багато пелюстковими розповсюдженням та підвищує якість зв'язку, особливо в умовах інтенсивного радіочастотного впливу.

Огляд базової станції з цифровою антенною решіткою від Metawave підтверджує успішне впровадження цифрового формування пелюстки, що дозволяє раціонально розподіляти ресурси мережі та динамічно адаптувати напрямки антени до змін навантаження в реальному часі.

Радіоканали з цифровими антенними решітками (ЦАР) класифікуються за різними режимами роботи, такими як SISO, MISO, SIMO і MIMO. Це відкриває широкі можливості для ефективного використання ресурсів мережі та підвищення пропускної здатності. Режими роботи ЦАР ефективно відображаються на прикладі базової станції, яка може використовувати цифрове формування променя для прийому, передачі або обох напрямків відразу.

У цілому, використання цифрових антенних решіток визначається як ключовий елемент для вдосконалення та оптимізації сучасних мобільних комунікаційних систем.

4 АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ ДІАГРАМОЮ СПРЯМОВАНОСТІ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ

4.1 Інтеграція масивних антенних систем MIMO

Оскільки різні користувачі мають відмінні вимоги до відношення сигнал/шум (SINR), залежно від їхніх потреб, таких як завантаження відео, перегляд в інтернеті, текстування тощо, формування променя стає важливою для системи з метою досягнення різних значень SINR для окремих користувачів у межах однієї сектору. Застосування технік формування променів у бездротових системах на міліметрових хвилях спрямоване на пошук оптимального шляху з мінімальними втратами для досягнення користувачів та мінімізації рівня перешкод.

Перед тим як переходити до формування променів, розглянемо напрямне виведення (рис. 4.1), яке виконується шляхом направлення головного лепестка антени в один із заздалегідь визначених напрямків [13]. Для визначення напрямку, який слід використовувати на передавачі, використовуються різні методи, такі як відсилання ортогональних випробувальних сигналів на кожен із наперед визначених напрямків. Потім користувачеві обладнання повертає повідомлення до базової станції (BS) щодо сигналу, отриманого з найвищою потужністю. Використання напрямного виведення сприяє покращенню рівнів сигналу в областях антен, орієнтованих у всі боки, оскільки рівень сигналу зменшується від центру сектору до його межі. Зосереджуючи всю енергію в конкретний напрямок, SINR значно покращується на межі сектора. Більше того, декілька незалежних секторів, які працюють в одному регіоні, можуть бути розташовані поруч без будь-якої форми координації чи співпраці та бути розташовані близько один від одного (рис. 4.2). У цьому випадку всі передавальні антени розташовані в одному місці і використовують напрямне виведення для спрямування енергії в конкретний напрямок. Хоча спільне розташування поліпшує SINR на межі сектора, бічні лепестки стають предметом

обурення через можливість втручання. Це вимагає використання антен із значно зменшеними бічними лепестками [14].

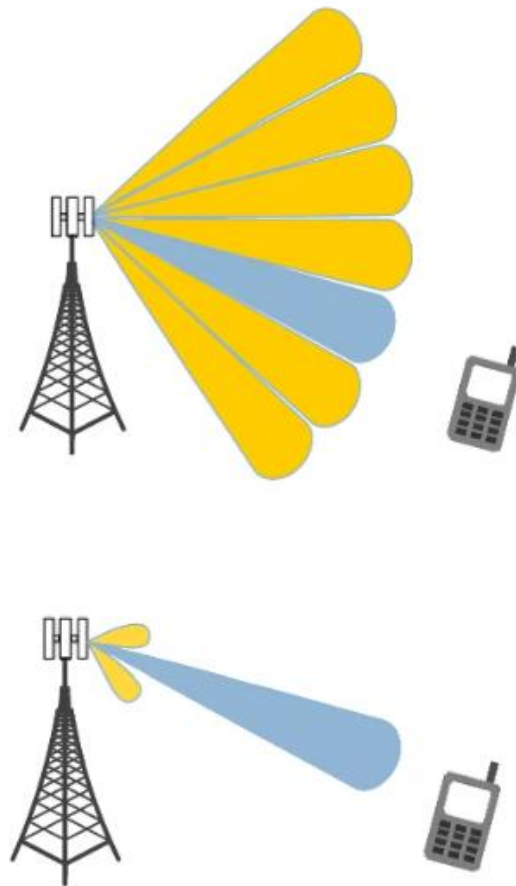


Рисунок 4.1 – Схема роботи головного лепестка

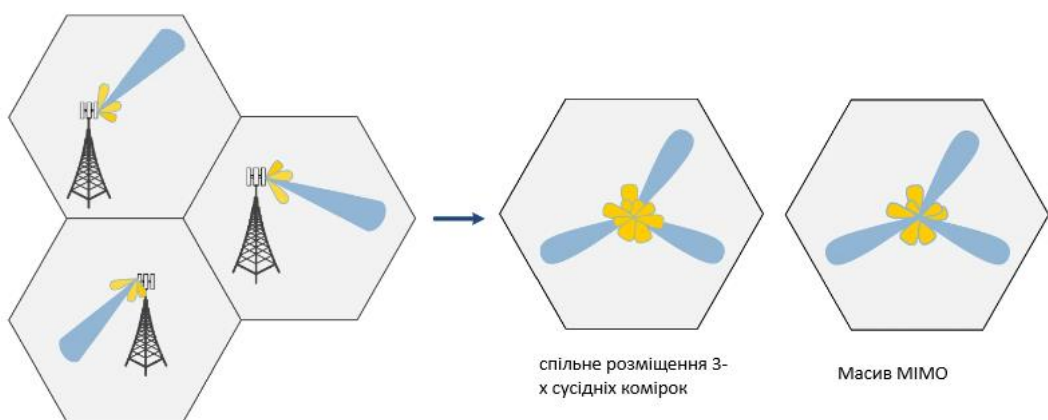


Рисунок 4.2 – Масова схема МІМО

З іншого боку, при використанні техніки формування пучка застосовується канална оцінка. Компенсація ваги антен використовується в реальному часі для формування пучка, направлено на користувача, що цікавиться, замість вибору одного з попередньо визначених напрямків, як це відбувається в техніці стріювання пучка.

Для досягнення формування пучка кількість антен на базовій станції повинна бути щонайменше вдесятеро більшою, ніж кількість одиночних антен, розташованих всередині клітини [14]. Нова структура цього масштабного MIMO (масивного MIMO) подібна до випадку спільного розміщення і дозволяє передавачам фокусувати енергію на дуже вузькій області через формування пучка. Збільшуючи кількість антен, потужність краще спрямовується вужчим пучком, і, отже, на стороні приймача для будь-якого користувача є вищий рівень сигналу для цього користувача, тоді як інші користувачі отримують нижчі сигнали, як показано на рис. 3с. Формування пучка призводить до значно меншого витрачання енергії в зоні покриття. Це, в свою чергу, призводить до меншого втручання і підвищення спектральної ефективності при використанні просторового мультиплексування. Це також допомагає досягти важливих економій енергії [15].

Час, необхідний для оцінки каналу (також відомий як навчання каналу) системи масштабного MIMO, залежить від кількості антен базової станції. Кількість пілотів, отриманих цими антенами, є функцією кількості UE та базові станції тренуються паралельно, оскільки вони вимірюють сигнали від різних UE. Також кількість терміналів користувачів масштабується за часом узгодження. Зі збільшенням часу узгодження може бути обслужено більше користувачів в одній клітині.

У випадку навчання каналу системи з часовим розділом дуплексу (TDD) використовується параметр інформації про стан каналу (CSI) у комунікації між UE та мережею для опису якості каналу та рекомендації відповідної матриці передкодування [12]. CSI каналу прямого напрямку оцінюється за допомогою вимірювань на каналі зворотного напрямку за допомогою переданих пілотів від

користувачів [12]. Таким чином, система використовує взаємність каналу в разі TDD [13]. У системі з частотним розділом дуплексу (FDD) канали вгору та вниз незалежно навчаються. В результаті час, необхідний для навчання каналу внизу, пропорційний кількості антен. Тому використання великих антенних масивів ймовірно працюватиме не дуже ефективно з FDD. Таким чином, потрібен життєздатний альтернативний підхід для забезпечення оцінювання CSI в системі FDD [17].

Отже інтеграція масивних антенних систем MIMO є важливою стратегією для оптимізації бездротових систем, спрямованих на різні потреби користувачів. Техніка формування променів на міліметрових хвилях визначається метою досягнення оптимального напрямку передачі сигналу для покращення значень SINR та мінімізації втрат сигналу. У порівнянні з напрямним виведенням, формування пучків дозволяє зосереджувати енергію вузькою областю, що призводить до покращення спектральної ефективності та економії енергії. Однак для ефективного використання масивних MIMO систем потрібно враховувати кількість антен, узгодження та час навчання каналу, залежно від режиму передачі (TDD або FDD).

4.2 Методи керування діаграмою спрямованості антенної решітки

Ефективність використання частотного ресурсу значною мірою залежить від характеристик антен, таких як коефіцієнт спрямованої дії, ширина діаграми спрямованості, коефіцієнт підсилення, робоча смуга частот і інші. Серед найпростіших антен, таких як симетричні та несиметричні вібратори, спіральні ненапрявлені антени, вібраторні решітки з невеликою кількістю елементів (директорна, логоперіодична), прості щілинні антени тощо, існують екземпляри з неоптимальними характеристиками. Тим не менш, їх часто використовують, особливо на мобільних об'єктах, оскільки їхні розміри найбільше відповідають вимогам до розмірів випромінюючих систем [17].

Для антен мобільних станцій радіомоніторингу також ставлять вимоги щодо зміни положення площини поляризації у просторі, електрокерування напрямками нулів і максимумів діаграми спрямованості, а також жорсткості та простоти конструкції. Це дозволяє антені уникати створення додаткових завад під час руху станції, обумовлених вібрацією пристрою. Зрозуміло, що у широкому частотному діапазоні задовольнити всі ці вимоги практично неможливо. Однак при обмеженні діапазонами ультрависоких і надвисоких частот здатність синтезувати антенні пристрої з прийнятними характеристиками стає здійсненою.

Відомо, що антени, виготовлені у формі симетричного або несиметричного вібратора, плоскої спіралі чи одиночної щілини, мають досить низький коефіцієнт спрямованої дії. Хоча триелементна директорна антена та логоперіодична антена демонструють трошки вищі коефіцієнти спрямованої дії і, у багатьох випадках, задовільні діаграми спрямованості, вони ефективно працюють тільки з хвилями лінійної поляризації. Отже, ефективність таких антен значно погіршується при поляризаційному неузгодженні. Іноді виникають навіть випадки повної поляризаційної розв'язки, що неприйнятно в умовах операційних процесів моніторингу [14].

Отже, мета полягає в створенні антенної системи зі збільшеним коефіцієнтом спрямованої дії порівняно з симетричним вібратором, більшою робочою смугою частот і здатною працювати в поляризаційному базисі, при якому розв'язок із лінійно поляризованою хвилею стає неможливим. З цієї постановки завдання випливає, що антенний пристрій повинен бути заснований на принципах антенних решіток із круговою поляризацією, з випромінюючими елементами, що мають широкі смуги робочих частот. Такими елементами можуть бути кільцеві антени, які працюють у режимі бігучої хвилі струму при довжині кільцевого провідника, що приблизно дорівнює довжині електромагнітної хвилі. Однак проблема полягає в тому, як побудувати систему живлення кільцевих антен так, щоб її частотні властивості не обмежували робочу смугу частот антенної решітки. Простим рішенням цієї проблеми може бути

використання лінії передачі, що має узгоджений хвильовий опір із навантаженням, тобто з вхідним опором кільцевих випромінювачів. Але при цьому фазовий розподіл у живленні елементів решітки буде статичним – незмінним. З метою керування фазовим розподілом, яке забезпечує керування положенням діаграми спрямованості у просторі, пропонується використовувати зміщення точки симетрії в навантаженні двожильної лінії передачі [16].

Отже характеристики антен визначають ефективність використання частотного ресурсу у бездротових системах. Існуючі прості антени, такі як симетричні та несиметричні вібратори, спіральні ненапрявлені антени та інші, мають обмежені характеристики. Для мобільних антен радіомоніторингу важливі вимоги до зміни положення поляризації та електрокерування. Створення антенної системи з підвищеним коефіцієнтом спрямованої дії, широкою робочою смугою та здатністю працювати в різних поляризаційних базисах викликає необхідність застосування антенних решіток з круговою поляризацією. Одним із можливих рішень є використання кільцевих антен з узгодженими лініями передачі, де зміщення точки симетрії дозволяє керувати фазовим розподілом та положенням діаграми спрямованості.

4.3 Висновок до розділу

Інтеграція масивних антенних систем MIMO визначається стратегією оптимізації бездротових систем для різних потреб користувачів. Техніка формування променів на міліметрових хвилях спрямована на досягнення оптимального напрямку передачі сигналу, покращення SINR та економії енергії. Формування пучків дозволяє зосереджувати енергію вузькою областю, покращуючи спектральну ефективність. Важливо враховувати кількість антен, узгодження та час навчання каналу для ефективного використання масивних MIMO систем. Характеристики антен визначають ефективність використання частотного ресурсу, і створення антенної системи з підвищеними характеристиками викликає необхідність застосування антенних решіток з

круговою поляризацією, таких як кільцеві антени з узгодженими лініями передачі.

5 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АГЕНТ

Давайте розглянемо сценарій застосування інтелектуального агента та технології МІМО на прикладі однієї комірці системи мобільного зв'язку 6G, яка функціонує в офісних умовах. На рисунку 5.1 наведено план поверху офісу, де, біля входу, розташоване обладнання точки доступу/базової приймально-передавальної станції (БТС) із масивною антеною МІМО. Ця антена формує багатопроменеву діаграму спрямованості, яка може змінювати кут направленості окремого променя в горизонтальній та вертикальній площині. На рисунку відображено лише 3 пелюстки з багатопелюсткової діаграми спрямованості, але в реальності для кожного користувача, підключеного до базової станції, надається окрема (індивідуальна) пелюстка, яка слідує за ним.

Таким чином, давайте проімітуємо ситуацію. Завдання інтелектуального агента полягає в вивченні закономірностей переміщення абонента в офісній мережі та проведенні Q-навчання для розробки моделі поведінки. Ця модель дозволить масивній антенній системі МІМО оптимально управляти характеристиками спрямованого випромінювання окремих променів діаграми спрямованості. Існують різні моделі руху абонента, які можна виявити протягом певного часового інтервалу, наприклад, протягом дня, в будь-якій частині поверху в даній комірці. Такі закономірності залежать від соціального середовища регіону, де реалізовано стільниковий зв'язок. Для зручності формалізації кожна кімната має свій номер, початкова точка - кімната 1, кінцева точка - кімната 9.

Інтелектуальному агенту необхідно навчитися самостійно знаходити виходи із помешкання, показано на рис.5.1 В цьому помешканні для зручності формалізації кожна кімната пронумеровані.

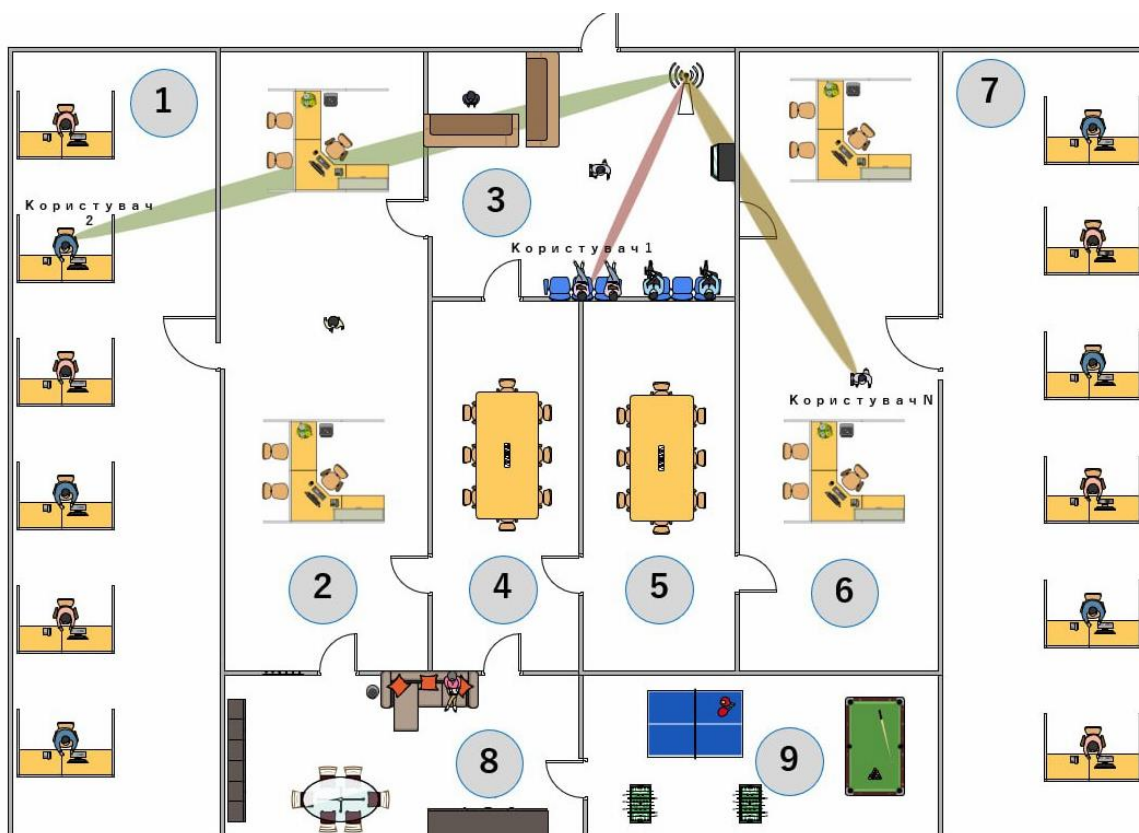


Рисунок 5.1 – План поверху з пронумерованими кімнатами (Ціль - кімната -9)

Пронумеровані кімнати та вихід до цілі дають можливість описати стани в яких може перебувати агент:

- 1 стан – перебування у кімнаті №1;
- 2 стан – перебування у кімнаті №2;
- 3 стан – перебування у кімнаті №3;
- 4 стан – перебування у кімнаті №4;
- 5 стан – перебування у кімнаті №5;
- 6 стан – перебування у кімнаті №6;
- 7 стан – перебування у кімнаті №7;
- 8 стан – перебування у кімнаті №8;

10 стан – перебування у кімнаті №9;

Стан 9 є цільовим. Оскільки мета агента – впотрапити в кімнату 9.

Рух агента під час переходу із одного стану в інший (під час переміщення із кімнати в кімнату) можна подати у вигляді графа в якому також позначити винагороду за вихід до цілі балами. Такий граф показаний на рис.5.2.

Методика навчання агента реалізована наступним чином. Основою Q-навчання, є так звана функція корисності – Q-функція, що записується в наступному вигляді

$$Q(s, a) = (1 - \alpha)Q(s, a) + \alpha \left[R(s, a) + \lambda \frac{\max}{a' \in A} Q(s', a') \right], \quad (1)$$

Де, s – елемент множини станів $S(s_1, s_2, \dots, s_n)$, в яких може перебувати агент,

a – елемент множини дій агента $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$,

α – швидкість навчання агента від 0 до 1 (рекомендоване значення 0,8 [7]),

s' – елемент наступного стану з множини станів $S(s_1, s_2, \dots, s_n)$, в яких може перебувати агент,

a' – елемент можливих дій агента $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ при заданому стані s' ,

λ – коефіцієнт дисконтування, який можна встановити в діапазоні від 0 до 1,

$R(s, a)$ – матриця винагород за перехід між станами,

$\frac{\max}{a' \in A} Q(s', a')$ – наступна дія з максимальною винагородою.

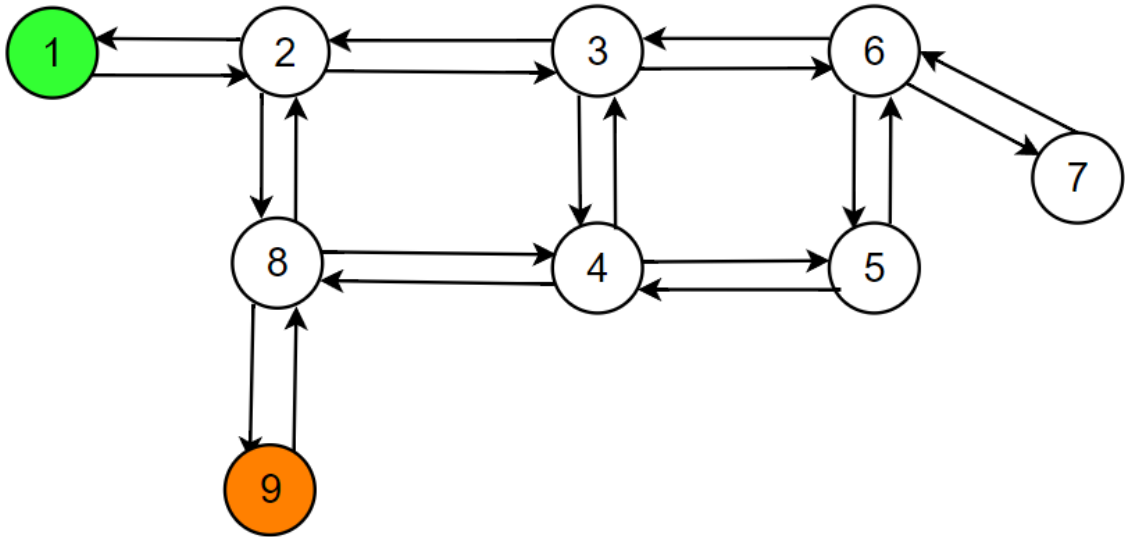


Рисунок 5.2 – Граф можливих переходів інтелектуального агента

Масив станів R в прикладі подається у вигляді матриці, рис.3. На цьому рисунку позначка ‘-1’ вказує на неможливість потрапляння у кімнату, позначка ‘0’ – про наявність такої можливості, а цифри 100 – винагороду за потрапляння до цілі

Таблиця 5.1– Масив станів агента R

		стан								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
дія	1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	2	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	0	-1
	3	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1
	4	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1
	5	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	-1	-1
	6	-1	-1	0	-1	0	-1	0	-1	-1
	7	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1
	8	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	100
	9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1

Масив Q (пам'ять інтелектуального агента) подана з припущенням про наявність початкової інформації про цільовий стан, таб. 5.2

Таблиця 5.2 – Масив Q

		стан								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
дія	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Агент випадковим чином опинився в кімнаті 2. З матриці R він може дізнатися як йому діяти. Можливі переходи з цієї кімнати в інші можуть бути до кімнат 8 або 3. Агент випадковим чином обирає перехід до кімнати 8.

2 крок. Агент знаходиться в кімнаті 8. Звідси він може потрапити до кімнати 6 або вийти до цілі (стан 9). Оскільки переходячи до стан 9 агент отримає винагороду в 100 балів він природно обере тільки цей шлях. Тоді винагорода за попередню дію, яку агент здійснив, перейшовши з кімнати 2 в кімнати 8 (зі стану 2 в стан 8) буде складати (з урахування того, що $\Gamma = 0,8$):

$$Q[2, 8] = R[2, 8] + 0.8 * \text{Max} (Q[8, 9]) = 0 + 0.8 * 100 = 80$$

В масив Q можна записати значення, таб.5.3. Після цього к граф можливих переходів інтелектуального агента буде мати вигляд, рис. 5.6. Виконати подібні обчислення для всіх переходів інтелектуального агента. Наприклад, перехід із кімнати 8 до кімнати 2 (повернення назад) дасть наступний результат:

$$Q[8, 2] = R[8, 2] + 0.8 * \text{Max} (Q[2, 8]) = 0 + 0.8 * 80 = 64$$

Таблиця 5.3 – Зміна масиву Q після обчислень

		стан								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
дія	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	80	0	0	0	0	0	0	100
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

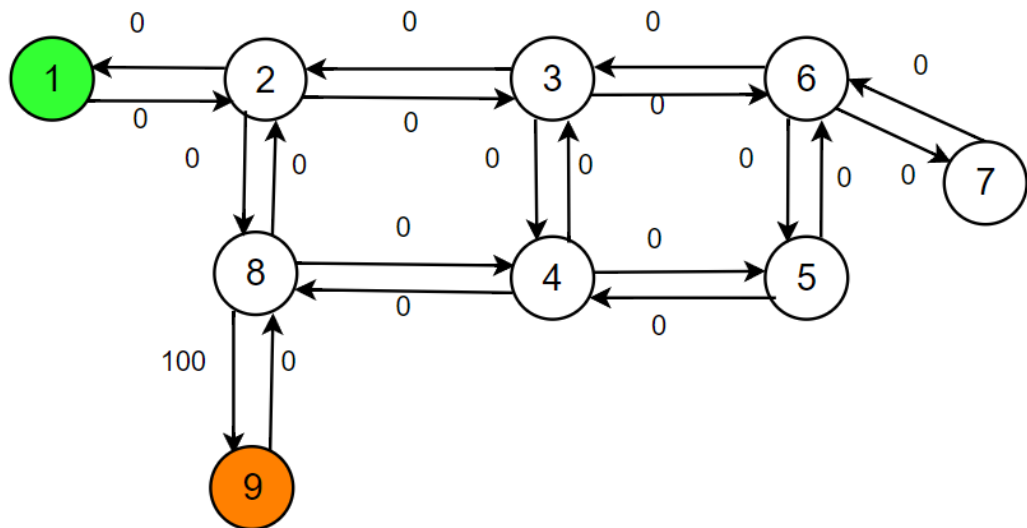


Рисунок 5.3 – граф можливих переходів

Результуюче обчислення масиву Q матиме вигляд, таб. 5.4, що відповідає графу рис.5.5

Таблиця 5.4 – Результуюче обчислення масиву Q

		стан								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
дія	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	64	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	80	0	0	0	0	0	0	100
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Виконаємо подібні обчислення для усіх можливих переходів:

- 3) $Q[2, 3] = R[2, 3] + 0.8 * \text{Max} (Q[8, 2]) = 0 + 0.8 * 64 = 51$
- 4) $Q[3, 2] = R[3, 2] + 0.8 * \text{Max} (Q[2, 3]) = 0 + 0.8 * 51 = 40$
- 5) $Q[1,2] = R[1, 2] + 0.8 * \text{Max} (Q[8, 2]) = 0 + 0.8 * 64 = 51$
- 6) $Q[8,4] = R[8, 4] + 0.8 * \text{Max} (Q[2, 8]) = 0 + 0.8 * 80 = 64$
- 7) $Q[4, 8] = R[4, 8] + 0.8 * \text{Max} (Q[8, 4]) = 0 + 0.8 * 64 = 51$
- 8) $Q[4, 5] = R[4, 5] + 0.8 * \text{Max} (Q[4, 8]) = 0 + 0.8 * 51 = 40$
- 9) $Q[5, 4] = R[5, 4] + 0.8 * \text{Max} (Q[5, 4]) = 0 + 0.8 * 40 = 32$
- 10) $Q[5, 6] = R[5, 6] + 0.8 * \text{Max} (Q[4, 5]) = 0 + 0.8 * 40 = 32$
- 11) $Q[6, 5] = R[6, 5] + 0.8 * \text{Max} (Q[5, 6]) = 0 + 0.8 * 32 = 25$
- 12) $Q[3, 6] = R[3, 6] + 0.8 * \text{Max} (Q[2, 8]) = 0 + 0.8 * 51 = 40$
- 13) $Q[6, 3] = R[6, 3] + 0.8 * \text{Max} (Q[3, 6]) = 0 + 0.8 * 40 = 32$
- 14) $Q[6, 7] = R[6, 7] + 0.8 * \text{Max} (Q[3, 6]) = 0 + 0.8 * 40 = 32$
- 15) $Q[7, 6] = R[7, 6] + 0.8 * \text{Max} (Q[6, 7]) = 0 + 0.8 * 32 = 25$
- 16) $Q[3, 4] = R[3, 4] + 0.8 * \text{Max} (Q[2, 3]) = 0 + 0.8 * 51 = 40$
- 17) $Q[4, 3] = R[4, 3] + 0.8 * \text{Max} (Q[2, 3]) = 0 + 0.8 * 40 = 32$
- 18) $Q[2, 1] = R[2, 1] + 0.8 * \text{Max} (Q[1, 2]) = 0 + 0.8 * 51 = 40$

В результаті всіх проведених обчислень отримаємо таку таблицю (таб.5.8) та граф (Рис.5.4).

Таблиця 5.5 – Кінцева таблиця масиву Q

		стан								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
дія	1	0	40	0	0	0	0	0	0	0
	2	51	0	40	0	51	0	0	64	0
	3	0	51	0	32	0	32	0	0	0
	4	0	0	40	0	32	0	0	64	0
	5	0	0	0	40	0	25	0	0	0
	6	0	0	40	0	0	0	25	0	0
	7	0	0	0	0	0	32	0	0	0
	8	0	80	0	51	0	0	0	0	80
	9	0	0	0	0	0	0	0	100	0

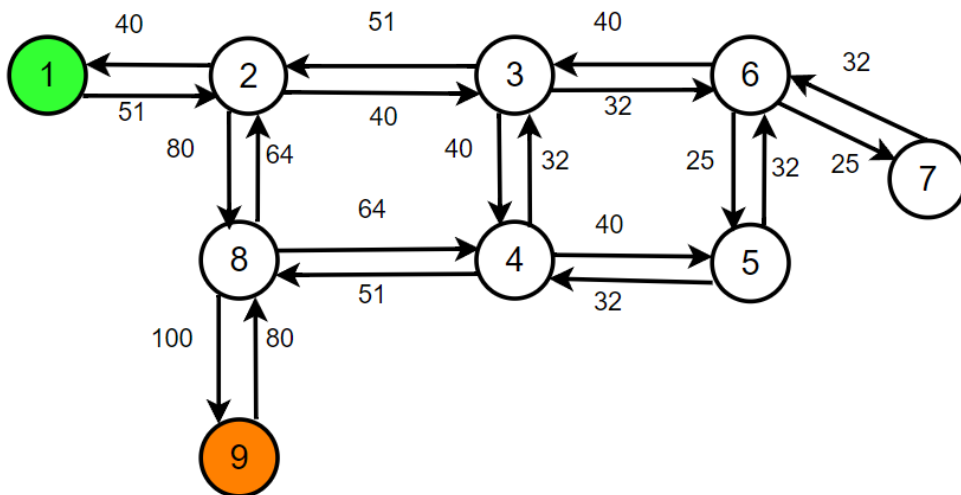


Рисунок 5.4 – Зважений граф можливих переходів

Таким чином, в даній роботі запропоновано використання методу машинного навчання «інтелектуальний агент» при керуванні діаграмою

спрямованості антенної системи MIMO, а саме розглянуто одну комірку надцільової мережі радіодоступу 5G як середовище застосування «інтелектуального агента». Показано, що застосувавши метод «інтелектуальний агент», можна створити систему знань, яка може «зрозуміти» та «навчитись» враховувати закономірності руху абонентських терміналів в межах стільника, а також може «передбачити» напрям руху конкретного абонентського терміналу. Отримана система знань потенційно дозволяє реалізувати функції розумної антени та забезпечити керування виділеною пелюсткою діаграми спрямованості антенної системи в режимі реального часу.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Штучний інтелект швидко завоював популярність, впливаючи на наше повсякденне життя та покращуючи клієнтський досвід. Прогнозується значний прогрес у вдосконаленні та управлінні ним у найближчі роки. Засоби масової інформації, Інтернет та електронні пристрої широко використовують програмне забезпечення штучного інтелекту в домашньому оточенні. Пристрої зі штучним інтелектом, спрямовані на поліпшення комфорту, стали неот'ємною частиною нашого щоденного життя, впливаючи на напрямок науково-технічних досліджень та приносячи практичні результати для суспільства.

Переваги використання штучного інтелекту надто вагомі порівняно з можливими недоліками. Для забезпечення успіху технологічного розвитку та виключення ризиків важливо вдосконалити відповідне законодавство та створити етично-правове середовище для інновацій. Штучний інтелект вже став неот'ємною частиною нашого сприйняття та аналізу, проникаючи в усі аспекти нашого життя. Навіть у використанні смартфона для фотографування друзів ми стикаємося з функціоналом штучного інтелекту, таким як автоматичне фокусування на обличчі людини під час фотозйомки.

У сучасних комунікаційних системах активно використовують технології цифрового формування діаграм напрямку через цифрові антенні решітки, відомі як "розумні антени". Ці інновації відіграють ключову роль у розвитку мобільного зв'язку 5-го та 6-го поколінь. "Розумні антени" спрощують об'єднання аналого-цифрових каналів та ефективно формують діаграму напрямленості, уникаючи використання фазообертачів. Це вирішення ефективно розв'язує проблеми, пов'язані з розповсюдженням та підвищує якість зв'язку, особливо в умовах інтенсивного радіочастотного впливу.

Інтеграція масивних антенних систем МІМО визначається стратегією оптимізації бездротових систем для різних потреб користувачів. Формування променів на міліметрових хвилях спрямоване на досягнення оптимального

напрямку передачі сигналу, покращення SINR та економії енергії. Врахування кількості антен, узгодження та часу навчання каналу є ключовими для ефективного використання масивних MIMO систем, викликаючи потребу у застосуванні антенних решіток з круговою поляризацією, таких як кільцеві антени з узгодженими лініями передачі.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ ТА ЛІТЕРАТУРИ

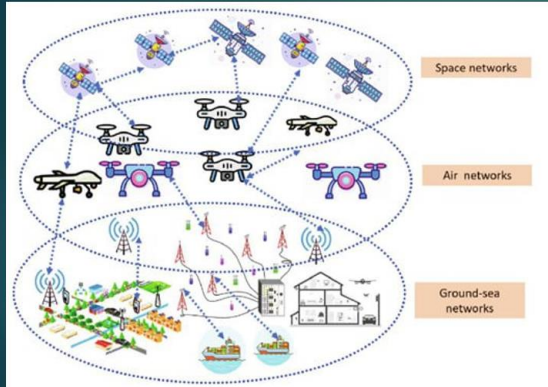
1. Властивості інтелектуальних агентів //Студопедія. URL: https://studopedia.com.ua/1_7219_vlastivosti-intelektualnih-agentiv.html (дата звернення: 20.10.2023).
2. Колективний інтелект // Вікіпедія – Вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Колективний_інтелект (дата звернення: 23.10.2023)
3. Нікольський Ю. В. Системи штучного інтелекту : навч. посібник. – 2-ге вид., випр. та доп. / Нікольський Ю. В. – Львів : Магнолія-2013. – 279 с.
4. Подгаєцький О. О. Проблема штучного інтелекту / О. О. Подгаєцький // Україна і світ: гуманітарно-технічна еліта та соціальний прогрес [зб. Тез Міжнар. наук.–теор. конференції студ. та аспір. 14-15 квітня 2013 р.: у 2–х ч., м. Харків / ред. кол. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О. Г. РОМАНОВСЬКИЙ та ін.]. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – ч. 1. – с. 22–24
5. Rozhnovsky M.V. Application of machine learning method in massive MIMO antenna technologies. Передові технології в інформаційно-комунікаційній інженерії : матеріали конференції, Одеса, 18 July 2023. Одеса, 2023. Р. 5.
6. Методи штучного інтелекту: навчально-методичний і практичний посібник. – Київ: університет економіки та права «Крок», 2020 – 86 с.
7. Рубцов і. Технічні аспекти побудови цифрових антенних решіток у системах зв'язку : навч. Посіб. Київ, 2015 – 56 с.
8. Високорівневий інтелект мережі та особливості побудови мереж майбутнього//Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2014. – №3 ст.90.
9. Tong W., Zhu P. 6G: the next horizon: from connected people and things to connected intelligence. University of Cambridge ESOL examinations, 2021.

10. Навчальний посібник «Методи та системи штучного інтелекту» Лубко Д.В. Шаров С.В.//Напрямки використання штучного інтелекту//2019-ст. 16-25.
11. Напрямки використання інтелектуальних систем//Копустинський К.В., Шаров С.В.//2019-ст.132.
- 12.Інтелектуальний агент // Вікіпедія – Вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтелектуальний_агент (дата звернення: 27.11.2023).
13. Глибовець М.М., Олецький О.В. Системи штучного інтелекту.- Київ: Видавництво «КМ Академія», 2012. 366 с.
14. Кадун Б. Генетичні алгоритми у теорії антен. Збірник тез доповідей X відкритого студентського науково-практичного семінару, присвяченого 10-річчю створення кафедр : Зб. тез, м. Шостка, 14 берез. 2023 р. Суми, 2013.
15. X. Lin Et Al., "5G new radio: unveiling the essentials of the next generation wireless access technology", IEEE communications standards magazine, vol. 3, no. 3, pp. 30-37, September 2019
16. Reinforcement learning-based optimization for drone mobility in 5G and beyond ultra-dense networks / J. Tanveer Et Al. Computers, materials & continua. 2021. Vol. 68, no. 3. P. 3807–3823. URL: <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.016087> (date of access: 12.10.2023).
17. Ільницький Л. Я., Щербина О. А., Михальчук І. І. Антенна решітка обертової поляризації з керованою діаграмою спрямованості. Problems of Informatization and Management. 2010. Т. 1, № 29. URL: <https://doi.org/10.18372/2073-4751.1.606> (дата звернення: 29.11.2023).

ДОДАТОК А

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ 5G ТА 6G

2



Розвиток технологій 5G та 6G призводить до значних наслідків у різних сферах. Зокрема:

- ❖ Швидкий та надійний зв'язок.
- ❖ Розвиток Інтернету речей (IoT).
- ❖ Поява «розумного» будинку.
- ❖ Розвиток інновацій виробництва та сфери медицини.
- ❖ Розширення сфери послуг.
- ❖ Безпека та конфіденційність.
- ❖ Збільшення кількості робочих місць.

Слайд 1 – Тенденції розвитку технологій 5g та 6g

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

- ❖ Актуальність задачі зумовлена потребою в оптимізації роботи мереж, поліпшення передачі даних, підвищення ефективності використання ресурсів та підтримки нових функцій, які стають важливими в контексті розвитку 5G.
- ❖ В мережах радіодоступу 5G та 6G основним типом антенних систем є MIMO (Multiple Input Multiple Output) антени. Технологія MIMO використовується для підвищення ефективності передачі даних в стільниках мереж 5G та 6G.
- ❖ при дослідженні антенних систем в мережах 5G однією з актуальних задач є аналіз можливості керування в режимі реального часу виділеною окремою пелюсткою діаграми спрямованості для конкретного абонентського терміналу, що перебуває в русі.

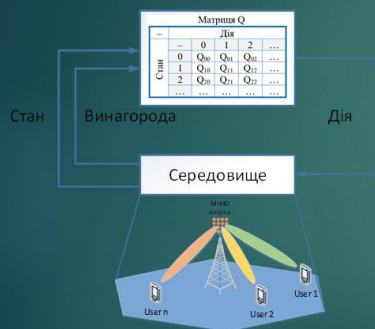
Таким чином, метою даної роботи є запропонувати метод, який забезпечить створення деякої «системи знань», яку потенційно можна використати для керування виділеною пелюсткою діаграми спрямованості антенної решітки в режимі реального часу.

Слайд 2 – Актуальність теми

АЛГОРИТМ Q – НАВЧАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТУ

$$Q[s, a] = (1 - a) * Q(s, a) + a[R(s, a) \lambda \cdot \frac{\max_{a' \in A} Q(s', a')}]$$

де
 s – елемент множини станів $S(s_1, s_2, \dots, s_n)$, в яких може перебувати агент;
 a – елемент множини дій агента $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$;
 s' – елемент наступного стану з множини станів $S(s_1, s_2, \dots, s_n)$, в яких може перебувати агент;
 a' – елемент можливих дій агента $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ при заданому стані s' ;
 $R[s, a]$ – матриця R (матриця винагород за перехід між станами);
 λ – швидкість навчання агента від 0 до 1 (рекомендоване значення 0,8).
 $\frac{\max_{a' \in A} Q(s', a')}$ – наступна дія з максимальною винагородою



Слайд 3 – Алгоритм q – навчання інтелектуального агента

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА В КОМІРЦІ НАДЩІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

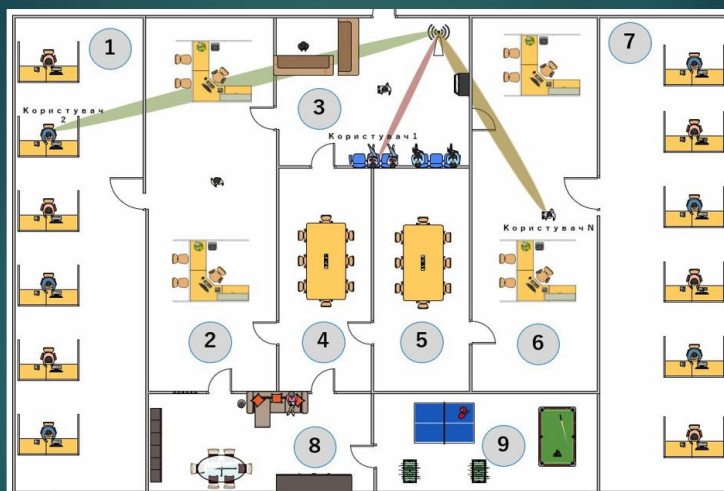
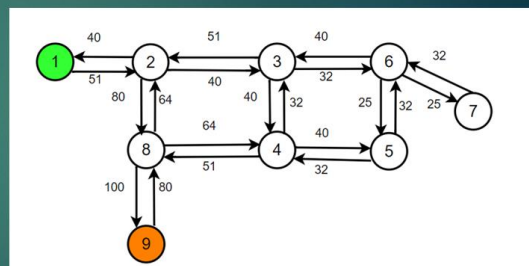


Рисунок 1 – План офісного приміщення

Слайд 4 – Застосування інтелектуального агента в комірці надщільної мережі

$$Q[2, 8] = R[2, 8] + 0.8 * \text{Max} (Q[8, 9]) = 0 + 0.8 * 100 = 80$$

		стан								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
дія	1	0	40	0	0	0	0	0	0	0
	2	51	0	40	0	51	0	0	64	0
	3	0	51	0	32	0	32	0	0	0
	4	0	0	40	0	32	0	0	64	0
	5	0	0	0	40	0	25	0	0	0
	6	0	0	40	0	0	0	25	0	0
	7	0	0	0	0	0	32	0	0	0
	8	0	80	0	51	0	0	0	0	80
	9	0	0	0	0	0	0	0	100	0



Таблиця 1 - Система знань інтелектуального агента

Рисунок 2 - Зважений граф можливих переходів

Слайд 5 – Результати навчання інтелектуальний агент

Отже, в даній магістерській роботі :

- ❖ Проведено детальний аналіз ключових характеристик стандартів для мереж 5G і 6G, включаючи їхні технічні специфікації та основні параметри.
- ❖ Проведено детальний аналіз застосування методів і систем машинного навчання в телекомунікаціях.
- ❖ Запропоновано розглянути одну комірку мережі 5G, як середовище застосування методу машинного навчання «інтелектуальний агент».
- ❖ Було проведено аналіз обчислень, отриманих внаслідок використання методу інтелектуального агента в окремій комірці надшвидкої радіомережі.
- ❖ Показано, що за допомогою методу інтелектуальний агент можна створити систему знань, яка може розпізнавати та вчитись враховувати закономірності рух абонентських терміналів в межах стільника, а також передбачати напрямок руху конкретного терміналу.
- ❖ Отримана система знань потенційно може бути використана для реалізації концепції розумної антени та управління пелюсткою діаграми спрямованості антенної системи в реальному часі.

Слайд 6 – Результати дослідження