

УДК 004.8:621.39

Мажара Микита Віталійович

здобувач освіти третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

Кислиця Світлана Григорівна

доцент кафедри автоматичної електроніки та телекомунікацій
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В БЕЗПРОВІДНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

Інтеграція штучного інтелекту (Artificial Intelligence, AI) та машинного навчання (Machine Learning, ML) у безпроводний зв'язок стрімко зростає. Традиційні математичні моделі у радіозв'язку стають менш придатними через зростаючу складність середовища (наприклад, широкосмугові канали, високі частоти, велика щільність підключень). ML-підходи дозволяють краще адаптуватися до реальних умов, підвищити ефективність, автоматизацію й знизити витрати. Існує безліч різних типів ML-алгоритмів, кожен із яких підходить для вирішення певних завдань. До найбільш поширених типів Machine Learning можна віднести:

Кероване навчання (Supervised Learning). Алгоритми з навчанням на розмічених даних, які використовуються для задач класифікації або регресії. Застосування — прогнозування якості каналу, вибір модуляції та кодування, класифікація типів сигналів, виявлення інтерференції.

Некероване навчання (Unsupervised Learning). Навчання без розмічених даних — для групування, виявлення аномалій, кластеризації. Наприклад, аналіз властивостей каналів, виявлення нетипових поведінок у мережі.

Напівкероване навчання (Semi-Supervised Learning). Комбінований підхід: значна частина даних нерозмічена, невелика — з мітками. Використовують в разі, якщо розмічених даних недостатньо. Використання — аналіз трафіку, прогнозування навантаження при частковій розмітці даних.

Навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL). Агент взаємодіє із середовищем, вибирає дії, отримує винагороду та навчається оптимальній політиці. У безпроводних мережах — формування направленості променя (beamforming), розподіл ресурсів, вибір модуляції, контроль потужності тощо.

Федеративне навчання (Federated Learning, FL). Розподілене навчання: пристрої тренують локальні моделі на власних даних, не передаючи самі дані в центр; центральний сервер агрегує моделі. Це важливо для приватності, а також для периферійного (Edge) виконання ML у безпроводних мережах.

Методи на базі простору Репродукуючого ядра Гільберта (Reproducing

Kernel Hilbert Space, RKHS). Використовуються для ефективної обробки сигналів із меншою похибкою апроксимації, особливо у середовищах із великою перешкодою та нетиповою поведінкою. Сфери використання — обробка сигналів, оцінка каналів, шумозаглушення, ідентифікація систем. [1].

Серед відомих алгоритмів машинного навчання із застосуваннями в телекомунікаціях можна виділити наступні:

– регресійні методи (Regression). Дозволяють передбачити числове значення результату на основі відомих вхідних даних, будуючи залежність. У телекомунікаціях використовується для оцінки стану каналу, прогнозу навантаження, адаптації потужності передавання та управління якістю сервісу (QoS).

– опорні векторні машини (Support Vector Machines, SVM). Будують модель, яка відносить об'єкт до однієї чи іншої категорії знаходячи найкращу межу між даними. Використовується для розпізнавання типу сигналу, класифікації стану каналу, виявлення атак або аномалій у трафіку.

– байєсові мережі (Bayesian Networks). Моделі, які описують імовірнісні залежності між змінними системи. У безпроводних мережах вони допомагають приймати рішення в умовах невизначеності — наприклад, при прогнозуванні якості зв'язку, оцінці надійності маршруту чи виборі адаптивних параметрів передачі [2].

Таким чином, можна побачити що методи AI та ML можуть знайти широке застосування в сучасному та майбутньому безпроводних телекомунікацій. Інтеграція цих методів має великий потенціал: адаптивність, ефективне використання спектру, підтримка нових сценаріїв із великою кількістю підключених пристроїв.

Проте цей потенціал реалізується не без викликів: потрібні адаптовані алгоритми для реального середовища, компроміс між продуктивністю та ресурсами, забезпечення безпеки, приватності і відповідності стандартам.

Список використаних джерел:

1. Patil, A. et al. (2022). "A Survey of Machine Learning Algorithms for 6G Wireless Networks". arXiv:2203.08429.

2. Akinsolu, M. O. (2024). "Artificial Intelligence in Wireless Communications: An Overview of Present-day Paradigms". In proc: 5th International Conference on Emerging Trends in Electrical, Electronic and Communications Engineering (ELECOM), Balaclava, Mauritius, 20-22 November 2024 pp.1-10.