

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА

Факультет Фізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра Телекомунікаційних систем та мереж

Рівень другий (магістерський)

Спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка

(шифр і назва)

РОЗШИРЕНА АНОТАЦІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувач Маймур Богдан Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи «Дослідження та розробка методу розпізнавання типів радіосигналів методами машинного навчання та штучного інтелекту»

Керівник роботи Чернетченко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри КТС

Об'єкт дослідження: процес автоматичного розпізнавання типів модуляції радіосигналів на основі IQ-вибірок у задачах радіомоніторингу та некооперативного прийому.

Предмет дослідження: методи автоматичного розпізнавання типів модуляції радіосигналів за IQ-вибірками із застосуванням ручних DSP-ознак, алгоритму Random Forest та згорткових нейронних мереж, а також їх стійкість за різних рівнів SNR.

Мета роботи: дослідження та розробка методу розпізнавання типів радіосигналів (типів модуляції) методами машинного навчання та штучного інтелекту, а також експериментальна перевірка працездатності розроблених моделей на наборі IQ-сигналів із різними рівнями зашумлення.

Методи досліджень: інформаційний пошук і порівняльний аналіз, цифрова обробка сигналів, методи машинного та глибинного навчання, експериментальне моделювання на датасеті RadioML RML2016.10a, оцінювання за overall accuracy, залежністю Accuracy від SNR та матрицями невідповідностей (confusion matrix).

Результати досліджень: обґрунтовано вибір RadioML RML2016.10a та

реалізовано два підходи до AMR/AMC: baseline на основі ручних DSP-ознак і Random Forest та end-to-end CNN у середовищі PyTorch. CNN забезпечила overall accuracy близько 0,54 проти 0,48–0,49 для baseline і продемонструвала стабільнішу поведінку в перехідних та складних режимах SNR. Виконано аналіз Accuracy vs SNR і структури помилок за допомогою confusion matrix.

Кваліфікаційна робота містить у собі: 110 с., 22 рис., 24 джерела.

Ключові слова: автоматичне розпізнавання модуляції (AMR/AMC), IQ-вибірки, RadioML RML2016.10a, SDR, DSP-ознаки, Random Forest, згортова нейронна мережа (CNN), PyTorch, Accuracy vs SNR, confusion matrix, domain shift, end-to-end навчання.

Структура та зміст кваліфікаційної роботи:

У вступі обґрунтовано актуальність автоматичного розпізнавання типів модуляції в умовах складного радіоелектронного середовища, сформульовано мету та завдання роботи. Визначено практичне значення створення відтворюваного програмного прототипу класифікації модуляцій за IQ-вибірками та порівняння підходів DSP+ML і CNN.

У першому, теоретико-аналітичному розділі розглянуто сучасний ринок систем радіомоніторингу та SIGINT, приклади готових промислових рішень і вимоги до автоматизації аналізу сигналів. Проаналізовано підходи до AMR/AMC від класичних ознакових методів до deep learning, CNN, гібридних, Transformer- та напівконтрольованих моделей, а також проблеми SNR, апаратних неідеальностей і domain shift. Обґрунтовано використання RadioML RML2016.10a для подальшого порівняння методів.

У другому розділі визначено вихідні дані та інструментарій експериментальної частини. Описано датасет RadioML RML2016.10a, формат IQ-подання, роль SNR, структуру та попередню обробку вибірок, програмні засоби реалізації й принципи відтворюваності експерименту. Визначено критерії порівняння: overall accuracy, Accuracy vs SNR та confusion matrix.

У третьому розділі реалізовано два підходи до розпізнавання

модуляції. Baseline побудовано на ручних DSP-ознаках і класифікаторі Random Forest, а неймережевий підхід — як end-to-end CNN, що навчається безпосередньо на двоканальних IQ-вибірках. Описано процедуру поділу даних на train/validation/test, навчання моделі, вибір оптимізатора, регуляризацію та підбір гіперпараметрів.

У четвертому, дослідницько-експериментальному розділі виконано порівняння baseline та CNN на RadioML RML2016.10a. Встановлено, що baseline забезпечує overall accuracy 0,48–0,49, тоді як CNN — близько 0,54. Проаналізовано залежність Accuracy від SNR та матриці невідповідностей для характерних рівнів SNR, що дало змогу визначити типові пари класів, які плутаються, та показати вищу стійкість CNN у складних режимах прийому.

У висновках узагальнено результати теоретичних та експериментальних досліджень і підтверджено доцільність застосування data-driven моделей для задач AMR/AMC. Визначено обмеження, пов'язані з використанням бенчмаркового датасету та можливим domain shift у реальному ефірі, а також напрями подальшого розвитку: розширення наборів даних, підвищення стійкості моделей, оптимізація CNN для обмежених ресурсів і дослідження гібридних підходів.