Нгуен Ван Минь. Методы идентификации видов модуляции на основе искусственной нейронной сети с использованием кумулянтных признаков;[Место защиты: ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет»], 2023

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МИРЭА - РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Нгуен Ван Минь

МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИДОВ МОДУЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ

ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

КУМУЛЯНТНЫХ ПРИЗНАКОВ

Специальность: 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель д.т.н, профессор А.А. Парамонов

Москва - 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ 4

ВВЕДЕНИЕ 5

ГЛАВА 1. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ВИДОВ ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА 14

1.1 Методы анализа данных в задаче распознавания видов цифровой

модуляции сигналов 14

1.2 Анализ информационных признаков, использующихся в ИНС 21

1.3 Постановка задач диссертационного исследования 27

1.4 Выводы по главе 1 29

ГЛАВА 2. СПОСОБЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ КУМУЛЯНТОВ. ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ КУМУЛЯНТНЫХ ПРИЗНАКОВ 31

2.1 Описание используемых видов цифровой модуляции 31

2.2 Кумулянтные признаки и их вычисление 36

2.3 Вычисление информационных признаков для полностью известных

сигналов 42

2.4 Выводы по главе 2 52

ГЛАВА 3. РАСПОЗНАВАНИЕ ВИДОВ ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ

СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРЦЕПТРОНА ... 54

3.1 Структура многослойного перцептрона 54

3.2 Обучение многослойного перцептрона и алгоритм обратного

распространения ошибки 58

3.3 Алгоритм распознавания видов цифровой модуляции и оценки значения

ОСШ принимаемого сигнала при синхронизации приёмника 63

3.3.1 Исследование различных структур многослойного перцептрона в

задаче распознавания видов цифровой модуляции 64

3.3.2 Исследование алгоритма распознавания видов цифровой модуляции и

оценки значения ОСШ с использованием многослойного перцептрона 68

3.4 Вывод по главе 3 76

ГЛАВА 4 РАСПОЗНАВАНИЕ ВИДОВ ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ

ПРИНИМАЕМОГО СИГНАЛА В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ 78

4.1 Алгоритм распознавания видов цифровой модуляции при

параметрической априорной неопределённости 78

4.2 Многослойный перцептрон в задаче распознавания QAM и PSK

модуляции в условии параметрической априорной неопределённости 90

4.3 Вывод по главе 4 96

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 98

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 100

ПРИЛОЖЕНИЕ А - Акты внедрения результатов диссертации 110

ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Диплом 112

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения диссертационного исследования его цель - разработка и исследование эффективных методов распознавания видов цифровой модуляции радиосигналов на основе искусственной нейронной сети с использованием кумулянтных признаков - была достигнута.

Решены сформулированные во Введении задачи:

1. Проанализированы кумулянты высоких порядков как признаки для идентификации видов модуляции и исследованы методы вычисления кумулянтов. Установлено, что основной объем информации содержится в действительных частях кумулянтов, составлены базы кумулянтных признаков до девятого порядка включительно для извлечения информации о следующих видах модуляции: GMSK, QAM-8, QAM-16, QAM-64, APSK-16, APSK-32, BPSK, QPSK, PSK-8, FSK-2 .
2. Разработана архитектура искусственной нейронной сети, способной обучаться на основе анализа кумулянтных признаков, установлено, что для идентификации вида модуляции достаточно иметь в этой сети 3 скрытых слоя.
3. Выполнено обучение нейронной сети на наборе радиосигналов с полностью известными параметрами с различными видами модуляции и исследовано качество алгоритма идентификации видов модуляции.
4. Выполнено обучение нейронной сети на наборе радиосигналов с разными отношениями сигнал/шум. Исследовано качество разработанного алгоритма при одновременном распознавании видов цифровой модуляции и оценке ОСШ принимаемых сигналов.
5. Разработан и исследован алгоритм одновременного распознавания вида цифровой модуляции и оценки отстроек от несущей частоты и начальной фазы анализируемого сигнала.

Дальнейшие исследования следует нацелить на включение в разработанные базы данных новых видов модуляции, на использование многослойного перцептрона к решению распознавания видов цифровой модуляции в условиях незнания тактовой сетки сигналов, на решение задачи распознавания видов модуляции на фоне негауссовских помех.