УДК 621.3

Кузовкин Антон Сергеевич
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
Kuzovkin Anton S.
Omsk State Transport University (OSTU)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МОБИЛЬНЫХ СЕТЯХ
THE USE OF NEURAL NETWORKS IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Аннотация. В материалах статьи рассмотрены вопросы использования нейронных сетей и нечеткой логики для управления различными телекоммуникационными системами, проведена научно-исследовательская работа студента, выполнен анализ и обзор проведенных исследований в данной области, выявлена проблематика и поставлены цели по улучшению методов использования нейронных сетей в области мобильной связи и телекоммуникаций.

Abstract. The materials of the article consider the issues of using neural networks and fuzzy logic to control various telecommunication systems, conduct research work of a student, analyze and review research conducted in this field, identify problems and set goals for improving the methods of using neural networks in the field of mobile communications and telecommunications.

Ключевые слова: Нейронные сети, телекоммуникационные системы, радиотехнические системы

Keywords: Neural networks, telecommunication systems, radio engineering systems

Современные сети мобильной связи, такие как 4G и 5G, являются важной частью информационной инфраструктуры, обеспечивая передачу данных, голосовые вызовы и доступ в Интернет для различных пользователей. Данные сети характеризуются высокой скоростью передачи данных, низкой задержкой и возможностью подключения большого количества устройств. Однако такие достижения предъявляют повышенные требования к распределению ресурсов канала, что является актуальным в условиях быстро растущих объёмов трафика [1].

Классические методы распределения ресурсов основаны на детерминированных подходах и требуют значительных вычислительных мощностей. В связи с этим, большое внимание уделяется применению нейронных сетей и методы на основе нечетких множеств, которые могут справиться с неопределенностью и динамическими изменениями в мобильных сетях [2].

Определим цели и задачи использования нейронных сетей в мобильных системах связи:

− управление распределением канального ресурса;
− агрегирование частотных диапазонов;
− управление маршрутизацией;
− улучшение радиочастотной спектральной эффективности.

Рассмотрим роль нейронных сетей в управлении системами связи. Системы мобильной связи основаны на сложных алгоритмах управления, которые обеспечивают стабильность сети, максимальную пропускную способность и минимизируют потери данных. Нейронные сети способны оптимизировать маршрутизацию, адаптируясь к изменяющимся условиям сети и принимать оптимальные решения о маршрутизации трафика, в случаях перегрузки или сбоев. Также возможно их использование для прогнозирования нагрузки с помощью анализа данных, нейронные сети могут прогнозировать пиковые нагрузки и заранее подготавливать сеть. Кроме того, нейронные сети могут снижать помехи, путем анализа и фильтрации трафика [1].

Базовой частью использования нейронных сетей для управления мобильными сетями является модель искусственного нейрона. Данная модель основана на принципе работы биологического нейрона, где входной сигнал умножается на весовой коэффициент, а

полученное значение проходит через функцию активации. Это позволяет искусственным нейронным сетям (ИНС) обучаться и принимать решения на основе входных данных [3]

Необходимым является определение подходящей архитектуры сети и выбор параметров управления. После определения архитектуры сети необходимо настроить весовые коэффициенты и смещения нейронов, чтобы свести к минимуму ошибки при принятии решений. Это достигается с помощью обучения. В данном контексте под обучением понимается настройка параметров модели для точного представления процесса или явления, моделируемого нейронной сетью [4]

Нейронные сети также могут прогнозировать местоположение абонентов, тем самым оптимизируя работу сотовых вышек, перенаправляя трафик для улучшения качества связи. При высокой нагрузке при большом нейронные сети выявляют аномалии и предотвращают сетевые атаки, такие как DDoS.

Существуют классические модели управления ресурсами беспроводных систем связи, например агрегирование частотных диапазонов и распределение блоков планирования в нисходящем канале связи.

Агрегация частот (Carrier Aggregation) − это одна из основных технологий, которая позволяет увеличить пропускную способность мобильного интернета 4G. Смысл технологии заключается в том, что операторы объединяют несколько полос частот из одного или разных бэндов (диапазонов), тем самым расширяя канал передачи данных. Такой подход позволяет достичь высоких скоростей, которые недоступны при использовании одиночной полосы [5].



Рисунок 1 – Принцип технологии агрегации частот

Результатом решения задачи распределения частотного и временного ресурсов должно быть закрепление блоков планирования (Scheduling Block, SB) за пользовательскими станциями в нисходящем канале связи одного кадра, являющегося законченным «циклом» передачи данных во временной области и передаваемого на протяжении 10 мс. Блок планирования является наименьшим структурным элементом, выделяемым одной UE и формируемый двумя соседними ресурсными блоками (Resource Block, RB) на одинаковых поднесущих [6].

Предлагается применение данных моделей с использованием нейронных технологий, что будет способствовать более быстрому принятию решений, оптимизируя использование полосы пропускания, минимизируя помехи и улучшая качество обслуживания.

Используя подход, основанный на распределении ресурсов, модели могут быть классифицированы как статистические или динамические. При статистическом распределении ресурсы распределяются заранее и остаются фиксированными, как, например, в FDMA. При динамическом распределении ресурсы перераспределяются в режиме реального времени в зависимости от текущей нагрузки в сети, как в TDMA и OFDMA.

В зависимости от централизации управления, модели делятся на централизованные и децентрализованные. В централизованных моделях распределением ресурсов управляет один блок управления, например базовая станция. При достаточной вычислительной мощности эти модели могут обеспечить высокую эффективность и обычно используются в алгоритмах

распределения для сетей 4G и 5G. В децентрализованных моделях пользователи самостоятельно принимают решения о распределении ресурсов. Данные модели могут сократить время ожидания, однако их использование может привести к неоптимальному использованию ресурсов [3].

Рассмотрим математическую модель нейронной сети, которая может применяться для управления мобильными системами связи. В качестве примера возьмём многослойный перцептрон (MLP) − простая нейронная сеть, состоящая из одного или нескольких нейронов, которые могут принимать входные данные, обрабатывать их и выдавать выходные данные. В задачах управления системами связи MLP может использоваться для адаптивной настройки параметров передачи данных. Например, для предсказания оптимальных параметров модуляции и кодирования на основе текущих условий канала связи.

1. Входные данные: пусть x= $x_1, x_2,...,x_n]^T$ вектор входных сигналов.
2. Весовые коэффициенты: каждое соединение между нейронами имеет вес w_{ij}^l, где l −номер слоя, i и j −индексы нейронов в слоях i и i+1 соответственно.
3. Смещения (биасы): каждый нейрон имеет смещение b_j^l.
4. Активация нейронов: выход нейрона определяется как:

$$z_j^l = \sum_i w_{ij}^{(l-1)} a_i^{(l-1)} + b_j^l$$

где $a_i^{(l-1)}$ −выход i-го нейрона предыдущего слоя.

5. Функция активации: на выходе нейрона применяется функция активации φ: $a_j^{(l)} = \varphi\,(z_j^l)$Часто используется сигмоидальная функция:

$$\varphi\,(x) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

Несмотря на свои многочисленные преимущества, нейронные сети в мобильных системах связи также имеют некоторые недостатки. Нейронным сетям требуется большой объем данных для обучения, что может быть проблемой в тех случаях, когда объем информации ограничен. Также нейронные сети часто считаются "черными ящиками", что затрудняет понимание того, как именно они принимают решения. Это может быть проблемой, особенно в критически важных системах, где требуется полная прозрачность процессов. Несмотря на способность к обучению, нейронные сети могут демонстрировать низкую эффективность в ситуациях, которые не учитывались при обучении.

Список литературы:

1. Буснюк, Н. Н. Системы мобильной связи / Н. Н. Буснюк, Г. И. Мельянец. − Санкт–Петербург: Лань, 2022. – 128 с. – ISBN 978-5-8114-9729-4. – Текст: электронный

2. Полевич С. С., Симонина О. А. Алгоритмы выделения канального ресурса в гетерогенной сети радиодоступа нового поколения / Полевич С. С., Симонина О. А. – Текст: непосредственный // Труды учебных заведений связи. − 2020. − Т. 6, № 3. − С. 28–37. − DOI: 10.31854/1813-324X-2020-6-3-28-37.

3. Яхъяева, Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: Учебное пособие / Г.Э. Яхъяева. – М.: БИНОМ. ЛЗ, ИНТУИТ.РУ, 2012. – 316 с.

4. Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого правления в системах реального времени: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. – 160 с

5. Ван, Х., Роса, К., & Педерсен, К. И. (2015). Управление радиоресурсами для агрегации несущих в восходящем канале LTE-Advanced. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2015 (1), 121

6. Гаркуша, С. В. Модель распределения блоков планирования в нисходящем канале связи технологии LTE / С. В. Гаркуша. – Текст: непосредственный //GESJ: Computer Science and Telecommunications. – 2013. – № 3 (39)