

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ на диссертацию Цюши Сунь «Обучение оптимальному распределению ресурсов в системах беспроводной связи», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

#### 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация Цюши Суня посвящена исследованию оптимизации распределения ресурсов в беспроводных сетях связи. Автор применяет методику глубокого обучения для создания модели управления ресурсами в беспроводных коммуникационных системах. Также рассматриваются алгоритмические концепции для различных сценариев применения, таких как децентрализованные сети D2D, гетерогенные сети и масштабные ультрагустонаселенные сети. Исследование проблем распределения ресурсов в беспроводных сетях имеет практическое значение для улучшения пропускной способности сети, экономии затрат, удовлетворения различных требований служб, поддержки новых технологических приложений, а также управления перегрузками и трафиком.

Диссертация состоит из 103 страниц, включая введение, пять глав, заключение и библиографию. Каждая глава начинается с объяснения математической модели коммуникационных систем. Глава 1 сосредотачивается на управлении мощностью в однородных сотовых сетях, рассматривая не выпуклые проблемы как черный ящик и используя эвристические алгоритмы для поиска почти оптимальных решений. Эффективность популярных эвристик широко сравнивается, с акцентом на наиболее эффективные из них. Машинное обучение на основе данных устанавливает верхний предел, с эвристическими алгоритмами, обеспечивающими почти глобально оптимальные решения для последующего обучения с учителем. Главы 2 и 3 затрагивают практический дизайн формирования луча и распределения мощности в однородных сетях D2D, предлагая фреймворк, интегрирующий глубокое обучение с эвристическими алгоритмами. Супервизируемые алгоритмы распределения на основе DNN (глава 2) и GNN (глава 3) используют состояния канала и почти оптимальные распределения в качестве набора данных для обучения. Учет топологии сети направляет стратегии распределения ресурсов через методы графового обучения. Глава 4 рассматривает более сложные гетерогенные сети D2D, используя надзорное обучение для обучения моделей графовых нейронных сетей. Предложенные супервизируемые алгоритмы распределения (GAT и EGAT) фокусируются на пространственной области GAT, вводя краевые характеристики для улучшения обучения. Цель состоит в максимизации общей скорости системы путем совместной оптимизации конструкции формирования луча и распределения мощности. Глава 5 затрагивает распределение ресурсов в гипермасштабных, плотных гетерогенных коммуникационных сетях, предлагая алгоритм на основе многопараметрического обучения с подкреплением (MARL) и игры типа среднего поля (MFTG). Эта глава решает проблемы

масштабируемости, учитывая взаимодействия между агентами и различными средними полями для обеспечения адекватного распределения ресурсов в гетерогенных многоагентных системах.

В своей исследовательской работе по предложенной теме исследования, Цюши Сунь продемонстрировал себя выдающимся исследователем, способным формулировать и решать актуальные научные проблемы, достигая как теоретических, так и практических результатов. Результаты исследований Цюши Суня были представлены на трех международных конференциях. Всего было опубликовано 5 статей по теме исследования, все индексируются в Scopus и/или Web Of Science. Кроме того, две статьи в настоящее время находятся на рецензировании в международных журналах. Исследования Цюши Суня получили стипендии от Народной Республики Китай и финансирование от РФФИ, где он в настоящее время занимает должность исполнителя проекта.

Я считаю, что докторская диссертация Цюши Суня, "Обучение оптимальному распределению ресурсов в системах беспроводной связи", соответствует специальности "1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ" и отвечает требованиям Санкт-Петербургского государственного университета для диссертации кандидата физико-математических наук. Следовательно, автор заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук.

Петросян Ованес Леонович  
Д.ф.-м.н., профессор кафедры  
ММЭС



Ovanes  
Petrosian