

## Отзыв

на автореферат диссертации Мохаммада Навара  
на тему «Маршрутизация данных в гетерогенной беспроводной сенсорной сети с  
применением методов интеллектуального анализа данных»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций

В настоящее время внедрение Интернета вещей (IoT) является одной из основных тенденций развития телекоммуникационных сетей. Данная концепция предполагает разработку и проектирование гетерогенных беспроводных сенсорных сетей, что приводит к необходимости поиска новых подходов при планировании сетей, а также решения целого ряда вопросов, связанных с маршрутизацией данных и повышением качества обслуживания сетей. В связи с этим тема диссертационной работы, несомненно, является актуальной.

Научная новизна и практическая ценность результатов диссертационной работы сформулированные автором позволяют сделать вывод о том, что предложенные интеллектуальные методы представляют собой достаточно эффективный подход для решения задач, связанных с маршрутизацией обрабатываемых данных в гетерогенной беспроводной сенсорной сети, а также для решения вопросов оптимизация качества обслуживания сети.

Автором показано, что протоколы маршрутизации, основанные на методах интеллектуального анализа данных, имеют более высокое качество обслуживания, чем другие, по различным показателям. Кроме того, указано, что передача данных в труднодоступных горных районах требует разработки гетерогенной модели, в описании которой предлагается использовать наземную часть, представляющую беспроводную сенсорную сеть, и летающую часть, представляющую рой БПЛА. Определены основные проблемы, такие как кластеризация сети, выбор головных кластерных узлов (ГКУ) и маршрутизация данных. Более того, автор предлагает метод кластеризации беспроводной сенсорной сети в наземной части с помощью модифицированного алгоритма K-средних, который оптимизирует количество кластеров и позволяет избежать «скученности» узлов ГКУ на малой области зоны покрытия. Проблема маршрутизации решается с помощью разработанного протокола маршрутизации KMHNNSP в наземной части, объединяющего предложенный алгоритм кластеризации с нейронной сетью Хопфилда, позволяющей передавать данные между кластерами через узлы ГКУ, а также с помощью генетического алгоритма для поиска кратчайшего пути в летающей части

при динамическом изменении топологии сети с скоростным доступом к базовой станции.

Предложенные методы позволяют повысить качество обслуживания сети. Результаты диссертационной работы характеризуются научной новизной, представляют практическую и научную ценность.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. Неясно, почему кластеризация не применяется к летающему сегменту роя БПЛА

2. Не приведены описание и роль нейронной сети Хопфилда, используемой в разработанном протоколе КМННNSP.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. На основании вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям ВАК Российской Федерации к кандидатским диссертациям, а Мохаммад Навар заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

«10» июня 2024 г

Доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры информационных систем  
Санкт-Петербургского государственного  
электротехнического университета «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)

.Почтовый адрес:

197022, г. Санкт-Петербург,  
ул. Профессора Попова, дом 5.  
Тел:+7 921 401-94-27,

эл. почта: [kopyl2001@mail.ru](mailto:kopyl2001@mail.ru) , [info@etu.ru](mailto:info@etu.ru)



Копыльцов  
Александр  
Васильевич