

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертационной работе Боброва Евгения Александровича «Методы машинного обучения и оптимизации для повышения эффективности многоантенных систем», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. – «Теоретическая информатика, кибернетика».

Существенное повышение качества связи достигается с помощью много-антенных передающих систем связи, позволяющих одновременно обслуживать большое число пользователей. Такие системы принято называть MIMO (Multiple Input Multiple Output) системами. Создание эффективной системы связи связано с решением математической задачи, заключающейся в вычислении двух матриц: матрицы прекодинга W для линейного преобразования комплексного вектора, кодирующего набор передаваемых символов, в комплексный вектор, задающих сигналы на передающих антеннах; матрицы эквалайзера G для линейного преобразования комплексного вектора, описывающего сигналы на приёмных антеннах, в комплексный вектор, кодирующего набор принимаемых символов. Целью диссертации является создание новых методов, обеспечивающих повышение надёжности передачи информации и обеспечения помехоустойчивости в беспроводных многоантенных системах MIMO на основе новых эффективных методов вычисления матриц прекодинга и эквалайзера, и на коррекции схем кодирования сигналов в зависимости от прогнозов успеха передачи сигналов, полученных использованием методов машинного обучения.

Матрицы W и G вычисляются по матрице канала связи H , приближённо описывающей распространение сигнала от передающих до приёмных антенн. При этом вычисления могут основываться на оптимизации одного из двух критериев: минимизации нормы отклонения векторов, кодирующих передаваемый и принимаемый наборы символов – задача минимизация MSE, максимизации произведений отношений сигнала к интерференции и шуму (SINR) для передаваемых символов – задача максимизации спектральной эффективности. При поиске оптимальных решений также учитываются ограничения на мощность передаваемого сигнала – как общие, так и связанные с отдельными антеннами.

В теории систем MIMO существует метод построения матрицы W_{ARZF} , являющейся решением задачи минимизации MSE, который основан на предположениях о некоррелированности шума на разных приёмных антеннах между собой, и некоррелированности шума и сигнала. Е.А. Бобровым получено асимптотическое разложение матрицы W_{ARZF} при условиях как большой, так и малой мощности шума на устройстве по сравнению с мощностью принимаемого сигнала; показана возможность использования упрощённой формы SINR, не требующей вычисления матрицы эквалайзера, и, следовательно, упрощающей вычисления; разработан алгоритм поиска матрицы прекодинга W_{QNCD} , основанный на максимизации спектральной эффективности с помощью метода градиентного спуска, что также позволяет учесть коррелированность шума.

Вычислительные эксперименты на симуляторе показали, что метод основанный на градиентном спуске W_{QNCD} , позволяет существенно улучшить спектральную эффективность по сравнению с методами, основанными на минимизации MSE. Е.А. Бобровым был также разработан алгоритм предсказания успеха передачи данных в зависимости от вектора значений SINR на основе методов машинного обучения, и проведено сравнение алгоритмов машинного обучения по метрике ROC-AUC для решения задачи выбора сигнально-кодовой конструкции (MCS).

Основные результаты, полученные в диссертации, обсуждались и докладывались на международной конференции Mathematical Optimization Theory and Operations Research в 2021 - 2023 годах, на 21-й Всероссийской конференции с международным участием «Математические методы распознавания образов» (ММРО-2023), а также на научных семинарах ВМК МГУ, НГУ, ФИЦ ИУ РАН, ИРЭ РАН, ИППИ РАН, МФТИ.

Е.А.Бобров проявил себя как квалифицированный исследователь, способный самостоятельно ставить научные задачи и находить обоснованные способы их решения. В ходе работы над диссертацией он внёс вклад в развитие информационных технологий, связанных с повышением эффективности передачи сигналов в современных системах связи.. Представленные в диссертации результаты получены автором самостоятельно, являются оригинальными и имеют как теоретическое, так и прикладное значение.

Работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям по специальности 1.2.3. – «Теоретическая информатика, кибернетика». Диссертант Бобров Е.А. является квалифицированным специалистом по данной специальности и заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

28 февраля 2024 г.

ведущий научный сотрудник
ФИЦ ИУ РАН
доктор физико-математических наук
Сенько Олег Валентинович
Моб. +7-926-255-26-88
e-mail: senkoov@mail.ru

