

Отзыв официального оппонента на диссертацию Чжан Вэйцзя
«Оптимизированные алгоритмы декодирования для кодов с низкой плотностью проверок
на четность и их применение в системах связи»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

В самой общей формулировке, работа посвящена помехоустойчивой связи. К объектам её исследования можно отнести алгоритмы декодирования для кодов с низкой плотностью проверок на четность, а предметам – оптимизацию и применение этих алгоритмов.

Работа актуальна, так как помехоустойчивое кодирование, издавна занявшее свою нишу, уверенно занимает её до сих пор, оставаясь востребованным и часто безальтернативным средством повышения надежности связи, когда все остальные уже исчерпаны, а жизнь бросает всё новые и новые вызовы. Одним из примеров является начало строительства в нашей стране высокоскоростных магистралей, работа и пассажиры которых должны быть обеспечены соответствующей связью. Конечно, как показала специальная военная операция, крайне актуально и то, что относится к связи беспилотников, а именно этому посвящен последний раздел 5 диссертации. В разделах 3 и 4 автор последовательно представил, как он разрабатывал свои алгоритмы декодирования. До этого, в разделе 2, он детально сравнил два типа наиболее широко используемых кодов (полярных и LDPC), обосновав свой выбор последнего. В разделе 1 традиционно дана обзорная информация для обоснования формулировки цели и задач работы. Нельзя не отметить разумное представление работы в небольших разделах, которые получились легко читаемыми и компактными.

Результаты опубликованы в 5 статьях 4 журналов из Перечня ВАК и докладах в трудах ряда конференций, в том числе индексируемых в Scopus. Практическая значимость работы подтверждена участием в двух российских и двух зарубежных НИР, что, в свою очередь, подтверждено приведенными в Приложении тремя актами использования результатов.

Каждый из трёх основных результатов работы, в части того, что он даёт, отражен в соответствующем положении, выносимом на защиту. Каждое положение сформулировано как утверждение. Оно конкретно, поскольку содержит числа, как это принято в технических науках. Для этого выбран редко встречающийся шаблон, когда первая часть утверждения общая, а вторая, отделенная двоеточием, детализирует и конкретизирует первую. Это выглядит вполне приемлемо, поскольку в положении есть и универсальная часть (обобщения должны быть), и частные, но показательные оценки (есть и конкретные числа). Положения доказаны конкретными результатами, приведенными в диссертации и автореферате.

Выводы в диссертации выделены в последний подраздел «Основные результаты раздела» каждого оригинального раздела. Кроме того, результаты всей диссертации обобщены в виде списка из 5 довольно больших пунктов в заключении диссертации и автореферата. В заключении также даны рекомендации. Их немного (всего три небольших пункта), но сформулированы они кратко и аккуратно, так что их обоснованность не вызывает сомнений. В конце заключения приведены перспективы работы.

Рассмотрим, как требует Положение ВАК, степень обоснованности, достоверность и новизну, сделав это отдельно для основных результатов работы:

1. Положение о способности разработанного алгоритма декодирования (с адаптивным экспоненциальным корректирующим коэффициентом) повысить эффективность декодирования при сохранении низкой вычислительной сложности, обосновано сравнением зависимостей BER(SNR) для этого алгоритма и трех ранее известных. Достоверность его подтверждена, прежде всего, предложенной математической основой, а также многочисленными вычислительными экспериментами по его работе, поскольку он апробирован: на регулярных и нерегулярных кодах; на кодах, рекомендованных CCSDS; при 4 длинах блока кода; при изменении SNR. Алгоритм отличается использованием адаптивного экспоненциального корректирующего коэффициента, как указано в пункте 1 научной новизны.

2. Дополнительная оптимизация алгоритма декодирования с адаптивным экспоненциальным корректирующим коэффициентом (за счет использования нейронной сети с добавлением одинаковых весовых коэффициентов к узлам каждого уровня в процессе итерации для снижения затрат на обучение) позволила декодировать ещё более эффективно (со снижением BER до 44 раз). Это показано на аналогичном сравнении зависимостей BER(SNR) для двух полученных алгоритмов и двух ранее известных. Достоверность дополнительно оптимизированного алгоритма подтверждена основанием нейронной сети на графе Таннера, а также демонстрацией обучения коэффициентов в ходе итераций и оценкой хода обучения в зависимости от номера его шага. С этим алгоритмом, как и с исходным, выполнены многочисленные вычислительные эксперименты по его работе на рекомендованных CCSDS кодах при трёх длинах и изменении SNR. Он отличается общей нейросетевой структурой с равенством весовых коэффициентов всех узлов каждого слоя в процессе итерации, судя по пункту 2 научной новизны.

3. Получение модели системы связи БПЛА с наземной станцией на малых высотах (в том числе и учет затухания Релея в ней) представлено довольно обстоятельно. После этого для различных амплитудных модуляций сравнены зависимости для средней BER(SNR) без кодирования и с ним и показано, что оно улучшает связь. Наконец, сравнены аналогичные зависимости для ранее известного алгоритма и предложенного, показавшего себя лучше. Достоверность предложенной модели подтверждена её тщательной математической проработкой и статистической обработкой результатов для канала Релея (оценками для средних значений BER и SNR) при модуляциях 4-, 8-, 16- и 32-QAM. Как следует из пункта 3 научной новизны, модель связи БПЛА с наземной станцией на малых высотах отличается использованием LDPC-кодов с учетом затухания Релея для различных амплитудных модуляций и условий канала.

Замечания

1. Целесообразно было бы рассмотреть эффективность и с другими видами модуляции, такими как ФМ.
2. Хотелось бы увидеть немного больше обоснований адекватности модели связи с БПЛА на основе модели Релея.
3. Иногда оказывается недостаточным сравнение эффективности различных методов декодирования на основе BER – хотелось бы увидеть сравнение на основе энергетического выигрыша кодирования.

Заключение

Замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Результаты работы достоверны. Научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в заключении,

вполне обоснованы. Все основные результаты исследований отражены в публикациях. Новизна результатов не вызывает сомнения. Цель работы достигнута, а исследование представляется завершённым.

Считаю, что диссертационная работа Чжан Вэйцзя на тему «Оптимизированные алгоритмы декодирования для кодов с низкой плотностью проверок на четность и их применение в системах связи» соответствует требованиям п. 9 положения ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и её автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, старший научный сотрудник
профессор департамента электронной инженерии

Московского института электроники и математики им. А.Н. Тихонова

Национального исследовательского университета

«Высшая школа экономики»

30.12.2025

109028, г. Москва, Покровский бульвар, д. 11, + 7 495 771-32-32, hse@hse.ru

 Портной Сергей Львович

Подпись Портного Сергея Львовича удостоверяю:

Подпись заверяю

Специалист по кадровому делопроизводству /
отдела по кадровому администрированию
Управления персонала
АГЕЕВА Ю. И.

