



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н. Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
тел. +7 (499) 263-63-91, факс +7 (499) 267-48-44
bmstu.ru bauman@bmstu.ru
ОГРН 1027739051779
ИНН 7701002520 КПП 770101001

119017, Москва, Пыжевский пер., 3, стр. 1,
Институт физики атмосферы
им. А.М. Обухова РАН

Ученому секретарю диссертационного
совета Д 002.096.XX (24.1.130.01),
Чернокульскому Александру
Владимировичу

ОТЗЫВ

Абдуллина Тимура Ринатовича
на автореферат диссертации Закирова Марата Нафисовича
«Распознавание атмосферных инфразвуковых сигналов импульсных источников
методами морфологического анализа вейвлет-спектров», представленной на
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Диссертационная работа М.Н. Закирова посвящена решению фундаментальной и прикладной задачи — разработке надежных методов автоматического обнаружения и классификации импульсных инфразвуковых сигналов в атмосфере. Актуальность темы не вызывает сомнений, так как традиционные методы корреляционного анализа и энергетического детектирования (типа STA/LTA) часто демонстрируют низкую эффективность в условиях сильной стратификации атмосферы, турбулентности и высокого уровня естественных помех (микробаромы, полярные сияния).

Развитие методов, инвариантных к амплитудным искажениям и вариациям формы сигнала, необходимо как для верификации международных соглашений (мониторинг ядерных испытаний), так и для систем раннего предупреждения о природных катастрофах, таких как извержения вулканов или падения метеоритов.

Научная новизна и личный вклад автора

Автором предложен оригинальный подход, объединяющий возможности частотно-временного анализа (вейвлет-преобразование) и теории морфологического анализа изображений по Ю.П. Пытьеву. К наиболее значимым научным результатам следует отнести:

1. Разработан алгоритм, который ищет не конкретные значения амплитуд, а характерную «форму» (геометрическую структуру) спектра импульсного сигнала, что обеспечивает устойчивость к затуханию и рефракции.
2. Доказательство того, что система сдвинутых во времени N - и U -волн образует базис в пространстве дискретных сигналов, является важным вкладом в теорию обработки геофизических данных. Это позволяет корректно описывать структуру отражений от тонких слоев атмосферы.
3. Сочетание метода главных компонент (PCA) для построения эмпирических эталонов и свёрточных нейронных сетей (CNN) позволяет достичь высокой точности распознавания даже при обучении на синтетически сгенерированных выборках.

Судя по автореферату, работа логично структурирована. В первой главе успешно продемонстрирована работа морфологического детектора на данных атмосферных ядерных взрывов и извержений вулканов (Хунга-Тонга, Райкоке). Важным достижением является построение ROC-кривых, подтверждающих устойчивость метода к белому шуму. Вторая глава содержит строгий математический аппарат декомпозиции сигналов, что имеет высокую ценность для задач акустического зондирования атмосферы. Третья глава представляет интерес с точки зрения применения технологий искусственного интеллекта. Достижение 100% точности нейросети на реальных данных при обучении на синтетике свидетельствует о глубоком понимании автором физических особенностей сигналов, заложенных в модель генерации обучающей выборки.

При общей положительной оценке диссертации, по автореферату можно сделать следующие замечания:

1. Как и отмечено в ряде дискуссий, в автореферате недостаточно подробно описаны параметры обучающей выборки для нейронной сети (объем, соотношение классов, варьирование параметров шума).
2. При описании метода декомпозиции на N - и U -волны (пункт 2.5) указывается использование нелинейной оптимизации. Хотелось бы уточнить вычислительную сложность этого процесса и возможность его реализации для обработки потоковых данных в реальном времени.
3. Для морфологического метода обнаружения (пункт 1.5) выбор порога меры схожести (0,2) заявлен как эмпирический. Было бы ценно увидеть анализ чувствительности алгоритма к изменению этого порога для различных типов источников.

Заключение

Вышеуказанные замечания не снижают высокой научной и практической ценности диссертационного исследования. Работа представляет собой заверченный научно-квалификационный труд, в котором решена важная задача распознавания сигналов в сложной среде.

Автор работы, Закиров Марат Нафисович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Доцент кафедры ИУ'10

МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н.



Абдуллин Тимур Ринатович

Полное наименование организации: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Адрес: 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1

Официальный сайт: <https://bmstu.ru/>

e-mail: abdullintr@bmstu.ru

Рабочий телефон: +7 (499) 263-63-91

17.02.2026

Подпись к.т.н Т.Р. Абдуллина заверяю:

Шагабудинов В.И. **Шагабудинов В.И.**
Ведущий специалист по персоналу.

