

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВПО «Юго-Западный
государственный университет»,

к.т.н., с.п.с.

О.Г. Добросердов

14 февраля 2015 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет», на диссертацию Назимова Алексея Игоревича «Адаптивные методы анализа зашумленных нестационарных сигналов на основе вейвлет-преобразования и алгоритма искусственных нейронных сетей», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиопизика.

В диссертационной работе Назимова Алексея Игоревича решаются задачи распознавания/классификации сигналов, регистрируемых при наличии сильных помех. Несмотря на то, что исследования в данной области проводятся давно, и к настоящему времени разработан широкий арсенал специальных методов анализа структуры сигналов, позволяющих эффективно решать соответствующие задачи, развитие и совершенствование существующих подходов в целях повышения качества цифровой обработки зашумленных сигналов по-прежнему остается актуальной задачей радиопизики. Особенностью данной диссертационной работы является акцент на привлечение методов стохастической оптимизации, позволяющих снизить роль субъективных факторов при проведении вейвлет-анализа экспериментальных данных. В качестве примеров применения разрабатываемых подходов в диссертации рассматриваются задачи защищенной многоканальной передачи информации и диагностики функциональных нарушений динамики церебрального кровотока, где привлечение нейросетевых методов и концепции вейвлетов позволило получить ряд интересных и важных научных результатов. Таким образом, тема диссертационной работы А.И. Назимова является актуальной и практически значимой.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитированной литературы.

Во **введении** обосновывается актуальность работы, определяются цели исследования, ставятся основные задачи, раскрывается научная новизна и значимость полученных результатов, а также формулируются положения и результаты, выносимые на защиту.

В **первой** главе рассматриваются методы анализа экспериментальных данных, широко применяемые для распознавания формы зашумленных сигналов. Обсуждаются возможности и ограничения метода анализа главных компонент, основанного на свойствах корреляционных и ковариационных матриц. Проводится сопоставление классического спектрального анализа, базирующегося на преобразовании Фурье, и вейвлет-анализа. Вводятся основные характеристики, вычисляемые в пространстве вейвлет-коэффициентов. Наряду с традиционно применяемыми нейросетевыми алгоритмами распознавания формы сигнала обсуждаются схемы построения нейронных сетей, включающих вейвлет-функции (так называемые вейвлетные нейронные сети). Несмотря на то, что нейросетевые алгоритмы в последние годы часто применяются совместно с непрерывным вейвлет-преобразованием при решении различных радиофизических задач, до настоящего времени не был разработан общий теоретически и практически обоснованный подход к решению проблемы адаптации таких комбинированных алгоритмов. На основе проведенного в данной главе теоретического анализа сделан вывод о том, что использование адаптивных подходов в решении задачи идентификации осцилляторных структур в многокомпонентных сигналах позволяет исключить эмпирические настройки стандартных алгоритмов, приводя к снижению ошибки распознавания различных типов паттернов при наличии аддитивных помех.

Во **второй** главе диссертационной работы решается задача классификации зашумленных импульсных сигналов с использованием нейросетевых методов. Обсуждается алгоритм тестовой классификации. Предлагается общий вид функции, позволяющей осуществить аппроксимацию нейронных потенциалов действия. Рассматриваются ограничения метода пороговой идентификации, для устранения которых предлагается метод адаптивной пороговой идентификации. Обсуждается метод анализа главных компонент, являющийся одним из стандартных подходов к распознаванию формы нейронных потенциалов действия. Значительное внимание уделяется адаптации алгоритмов на основе искусственных нейронных сетей и вейвлет-преобразования. Рассматриваются многослойные нейронные сети и комбинированные подходы, предусматривающие использование вейвлет-функций при построении нейронных сетей. Автором разработана и применена новая версия адаптивного непрерывного вейвлет-преобразования для решения задачи классификации и идентификации зашумленных форм импульсов с использованием принципов стохастической оптимизации. Предложенный способ анализа показал

свою эффективность как в рамках обычного адаптивного НВП, так и в составе алгоритма адаптации вейвлетной нейронной сети.

В **третьей** главе диссертационной работы приводятся результаты практического применения предложенных адаптивных методов анализа сигналов. В качестве первого приложения рассмотрена задача идентификации характерных осцилляторных паттернов электроэнцефалограммы, которая существенно сложнее задачи распознавания нейронных потенциалов действия. Основным отличием задачи, решаемой в диссертационной работе, от других исследований в данной области, является построение наиболее автоматизированных алгоритмов распознавания, не требующих настройки параметров алгоритмов «вручную». Автором проводится распознавание двух типов характерных осцилляторных паттернов – сонных веретен и пик-волновых разрядов в условиях нестационарности и наличия сильных фоновых помех. Следующим приложением является решение задачи анализа динамики церебрального кровотока по данным оптической когерентной томографии. С применением алгоритма адаптивного непрерывного вейвлет-преобразования проводится сопоставление разных типов реакций сосудов головного мозга. Еще одним приложением, рассмотренным в данной главе диссертационной работы, является решение задачи многоканальной передачи информации в защищенном режиме. Предлагается алгоритм на основе импульсного кодирования с последующим детектированием информационных сообщений с применением нейросетевого метода распознавания формы зашумленных импульсов. Предложенный способ передачи данных по одному каналу связи продемонстрировал свою эффективность для случая одновременной передачи более 20 информационных сообщений.

Основные результаты и выводы диссертационной работы представлены в **заключении**.

Новизна научных результатов диссертационной работы состоит в следующем:

- 1) Предложен метод изучения функциональной зависимости ошибки алгоритмов автоматической и адаптивной классификации фрагментов зашумленных сигналов.
- 2) Предложена концепция адаптивного анализа на основе непрерывного вейвлет-преобразования с использованием элементов стохастической оптимизации. Адаптивный вейвлет-анализ применен при построении схемы обучения многослойных нейронных сетей согласно методу обратного распространения ошибки. Предложен метод последовательных коррекций, который можно использовать при проведении процедуры настройки нейронных сетей, использующих вейвлет-функции.

- 3) Предложен и запатентован способ импульсного кодирования и передачи информации в защищенном режиме с применением нейросетевых методов детектирования информационных сообщений.

Научно-практическая значимость работы состоит в разработке методов анализа зашумленных сигналов, позволяющих решать задачи распознавания характерных структур в анализируемых экспериментальных данных при наличии сильных помех, а также в разработке пакетов прикладных программ, позволяющих проводить цифровую обработку сигналов различной природы.

Предложенный в диссертации метод классификации, основанный на совместном применении непрерывного вейвлет-преобразования и искусственных нейронных сетей, может применяться при проведении научных исследований в области анализа структуры сигналов в Институте радиотехники и электроники РАН (г. Москва), Институте прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород), Московском, Нижегородском, Волгоградском, Воронежском, Томском и Юго-Западном государственных университетах.

Концепция адаптивного анализа на основе непрерывного вейвлет-преобразования с использованием элементов стохастической оптимизации может быть рекомендована для внедрения в учебный процесс в вузах, ведущих подготовку специалистов в области радиофизики.

Алгоритм последовательных коррекций, применяемый при настройке нейронных сетей, а также разработанные программы распознавания характерных электроэнцефалографических паттернов (свидетельства № 2013610190, №2013611017 и № 2014610687) могут быть рекомендованы к использованию в Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (г. Москва).

Достоверность результатов и выводов диссертационной работы основывается на применении хорошо апробированных математических подходов, тщательном тестировании предложенных алгоритмов и непротиворечивости с известными результатами ранее проводившихся исследований.

По диссертационной работе есть ряд замечаний:

- 1) Излишне затянута описание известных методов анализа структуры сигналов. Зачем, например, приводить описание преобразования Фурье или расчета спектральной плотности, которые являются стандартными подходами и приводятся в любом учебнике по цифровой обработке сигналов?
- 2) Недостаточно мотивировано использование только мнимой части вейвлета Морле в качестве базисной функции, обозначенной в диссертации как "IMORLET". Учитывая, что многие ранее применявшиеся методы распознавания характерных осцилляторных паттернов использовали значения мгновенной амплитуды в качестве одного из критериев,

целесообразность перехода от комплексных базисных функций к вещественным должна сопровождаться более детальной мотивацией.

- 3) Не проводится сопоставление метода защиты информации с другими подходами, что не позволяет оценить его эффективность и ограничения по сравнению с хорошо апробированными способами. Кроме того, для описания эффективности метода следовало бы привести количественные характеристики, традиционно применяемые в теории информации и кодирования, а не только качественное описание.
- 4) В работе встречаются некорректно использованные термины. Так, например, не используется терминология «амплитудно-частотных характеристик» применительно к сигналам; термин «непрерывный» или «дискретный» применяют, говоря о вейвлет-преобразовании, а не о вейвлет-анализе и т.д.

Однако, отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационной работы А.И. Назимова.

Заключение

Диссертационная работа А.И. Назимова представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, отличается научной новизной и практической значимостью полученных результатов. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.03 - радиоп физика.

По результатам проведенных исследований опубликовано 9 статей в реферируемых научных журналах, включая 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук: «The European Physical Journal - Special Topics», «Journal of Innovative Optical Health Sciences», «Радиотехника и электроника» (2 статьи), «Письма в Журнал технической физики» (2 статьи), «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика». Получены 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и один патент РФ на полезную модель. Работа прошла хорошую апробацию на отечественных и международных научных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в научных исследованиях в Институте радиотехники и электроники РАН (г. Москва), Институте прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород), Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (г. Москва), Московском, Нижегородском, Волгоградском, Воронежском, Томском, Юго-Западном государственных университетах, а также могут быть рекомендованы к внедрению в учебный процесс в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Нижегородском государственном университете им. Н.И.Лобачевского, Московском физико-

техническом институте, Саратовском государственном университете им. Н.Г.Чернышевского, Воронежском государственном университете, Томском государственном университете и других вузах, ведущих подготовку специалистов по радиофизическим направлениям.

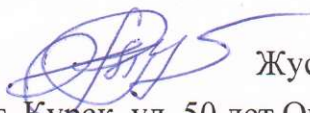
На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Назимова Алексея Игоревича вносит заметный вклад в развитие радиофизических методов анализа структуры сигналов, регистрируемых при наличии помех. Работа удовлетворяет требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а сам диссертант заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиофизика.

Отзыв составил:

Профессор кафедры вычислительной техники

Юго-Западного государственного
университета,

д.т.н., профессор



Жусубалиев Жаныбай Турсунбаевич

Почтовый адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет»,
кафедра вычислительной техники,

тел.: 8 (4712) 58-71-05, e-mail: zhanybai@gmail.com

Отзыв утвержден на заседании кафедры вычислительной техники Юго-Западного государственного университета. Протокол № 10 от «25» февраля 2015 года.

Заведующий кафедрой

вычислительной техники,

заслуженный деятель науки РФ,

д.т.н., профессор



Титов Виталий Семенович

Секретарь,

профессор кафедры

вычислительной техники,

д.т.н.



Чернецкая Ирина Евгеньевна