ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ивана Павловича Греся «Статистический анализ улучшенного энергетического обнаружения сигналов в негауссовском шуме», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 Радиофизика

Актуальность работы. Решению задачи обнаружения сигналов посвящено большое число работ в области радиолокации, навигации и радиосвязи. При наличии информации о принимаемом сигнале возможно построение оптимального обнаружителя, содержащего коррелятор. В условиях отсутствия априорных данных о форме и типе обнаруживаемого сигнала, когда коррелятор не может быть реализован, применяются некогерентные обнаружители, например, энергетический обнаружитель. Кроме того, на практике задача обнаружения неизвестных сигналов нередко решается в условиях негауссовского шума, обусловленного импульсными помехами различной природы, наличие которых приводит к ухудшению характеристик обнаружения. В современной литературе предложен и анализируется улучшенный энергетический обнаружитель. В ряде случаев эффективность работы такого некогерентного обнаружителя может быть повышена путем выбора показателя степени в алгоритме обнаружения.

В силу изложенного тема диссертационной работы И. П. Греся, связанной с анализом характеристик улучшенного энергетического обнаружения сигналов в негауссовском шуме, является актуальной.

Научная новизна результатов диссертации, выносимых на защиту, заключаются в следующем.

1. Определены характеристики улучшенного энергетического обнаружителя, функционирующего при наличии негауссовского шума, который описывается моделями полигауссовского и обобщенного гауссовского шумов. Для вероятности ошибки первого рода получены аналитические выражения, позволяющие определить требуемый порог обнаружения в соответствии с критерием Неймана–Пирсона. Проведено сравнение рассчитанных и промоделированных вероятностей правильного обнаружения, соответствующих энергетическому, улучшенному энергетическому и оптимальному обнаружителям. По результатам сравнительного анализа был сделан вывод о том, что варьирование показателя степени обнаружителя позволяет повысить эффективность обнаружения.

2. Рассмотрена задача поиска оптимального показателя степени улучшенного энергетического обнаружителя сигналов, наблюдаемых в негауссовском шуме, описываемом двумя различными моделями. Задача решалась с помощью найденных в диссертационной работе аналитических выражений для характеристик обнаружения, а также с применением компьютерного моделирования. Полученные результаты позволяют определить наилучшее, в смысле минимума вероятности ошибки второго при ограниченной вероятности ошибки первого рода, значение показателя степени обнаружителя исходя из реальных условий функционирования радиофизической системы, включающей улучшенный энергетический обнаружитель.

3. Проведен статистический анализ улучшенного энергетического обнаружения замирающих сигналов, наблюдаемых в негауссовском шуме. В качестве моделей замираний выбраны распределения Накагами, k-μ и η-μ. Для полигауссовского шумового фона найдены характеристики улучшенного энергетического обнаружителя в аналитическом виде, а для обобщенного гауссовского шума эффективность обнаружения была определена с

применением компьютерного моделирования. Кроме того, исследована эффективность улучшенного энергетического обнаружения с использованием двух схем разнесенного приема, выведены аналитические выражения для характеристик обнаружения случайного сигнала в полигауссовском шуме.

4. Рассмотрено и количественно охарактеризовано ухудшение характеристик улучшенного энергетического обнаружения в случае неизвестного среднеквадратического отклонения шума. С помощью статистического моделирования и найденных в диссертации аналитических выражений проанализирована зависимость характеристик обнаружения замирающих сигналов от времени обучения.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 101 наименование. Текст диссертации изложен на 164 страницах, включая 47 рисунков. По структуре и объему соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

В работе автор адекватно использовал разнообразные аналитические и вычислительные методы современной теории статистической радиотехники, методы теории вероятностей и математической статистики, методы и технологии статистического имитационного моделирования. Все это позволяет утверждать, что результаты диссертационной работы выглядят *обоснованными*.

Достоверность выносимых на защиту результатов диссертации подтверждается их понятной физической трактовкой, применением взаимно дополняющих теоретических и экспериментальных методов исследования, согласованностью расчетов по аналитическим формулам с данными, полученными в ходе статистического моделирования. Представленные в работе результаты не противоречат данным, описанным в научных статьях других исследователей, а в некоторых частных случаях совпадают с известными результатами.

Полученные в диссертации результаты анализа улучшенного энергетического обнаружения обладают *теоретической и практической значимостью*, так как могут повысить качество функционирования различных современных радиофизических систем связи. Кроме того, результаты исследования находят применение в учебном процессе и научно-исследовательской работе в Воронежском государственном университете, а также были использованы при выполнении гранта РФФИ.

Материалы диссертации достаточно подробно опубликованы в открытой печати и апробированы на международных и всероссийских конференциях. Основные результаты диссертации опубликованы в 14 работах, включая 7 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ.

В целом следует отметить, что диссертация представляет собой завершенную работу, в которой достаточно подробно и логично изложены постановки решаемых задач, особенности применяемых методов исследований и полученные результаты. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Вместе с тем диссертационная работа И. П. Греся имеет следующие недостатки:

1. В диссертации не описано, как именно выполнялось статистическое моделирование улучшенного энергетического обнаружителя, что затрудняет оценку этой части работы, хотя совпадение результатов моделирования с теоретическими значениями вероятностей обнаружения свидетельствует о правдоподобности полученных результатов. Вместе с тем отсутствие в работе алгоритмов, с помощью которых осуществлялось статистическое моделирование, затрудняет получение характеристик обнаружителя при других значениях параметров шума и сигналов.

2. Анализ улучшенного энергетического обнаружения производился только для случая дискретного времени.

3. В четвертой главе аналитические выражения для характеристик адаптивного обнаружения получены только для энергоподобного обнаружителя, что несколько ограничивает общность полученных результатов.

4. В ходе исследования получены достаточно сложные выражения для характеристик обнаружения, расчет по которым является отдельной задачей. При этом в тексте диссертации не поясняется, каким образом осуществлялись расчеты и контролировалась их точность, указывается лишь, что для проведения расчетов по приведенным в работе формулам требовались библиотеки высокой точности.

5. Не поясняется выбор формы детерминированного сигнала в пп. 1.5 и 2.5, тогда как она существенно влияет на характеристики обнаружения.

6. При представлении результатов работы на некоторых графиках вероятностей неудачно выбран линейный масштаб, что затрудняет сравнение результатов моделирования с теоретическими зависимостями, а графики на страницах 49–52 содержат «ломанные» линии, построенные, видимо, по слишком редким точкам.

7. В диссертации имеется умеренное количество опечаток и неточностей, например на стр. 10, 16, в формуле (3.2.10) и др. Кроме того, подписи под рисунками 1.5 и 1.6 не соответствуют содержанию рисунков, хотя в тексте работы такого несоответствия нет.

Указанные недостатки, тем не менее, не снижают общего положительного впечатления о работе и носят в большей степени рекомендательный характер.

Вывод. Диссертация Греся Ивана Павловича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является законченной научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной и содержащей значимые результаты. Автореферат диссертации корректно отражает ее основное содержание.

Работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Иван Павлович Гресь – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 Радиофизика.

Официальный оппонент
заместитель начальника организационно-научного и редакционного отдела ФКОУ ВО «Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний»
кандидат физико-математических наук, доцент

Куцов Руслан Владимирович

«30» марта 2018 г.

Подпись Р. В. Куцова заверяю

Начальник отдела кадров ФКОУ ВО
Воронежский институт ФСИН России А. А. Шкуменов

Почтовый адрес: 394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1а
организационно-научный и редакционный отдел.
Телефон: +7 (473) 260-68-09
e-mail: vifsin-nauka@yandex.ru