

## ОТЗЫВ

**официального оппонента** к.т.н. Мочалова Ивана Сергеевича на диссертацию Стоянова Дмитрия Драгановича «Разработка и исследование алгоритмов обнаружения сигналов в когнитивных радиосетях», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Диссертационная работа Стоянова Д.Д. посвящена разработке алгоритмов обнаружения сигналов в когнитивных радиосетях. Стремительное развитие радиосистем передачи данных и постоянно растущие требования к скорости и объему передаваемой информации побуждают разработчиков таких систем к использованию широкополосных радиосигналов. Одновременно с этим растет потребность более эффективно использовать радиочастотный спектр для доступа к информационным ресурсам новых пользователей. Поэтому все большую актуальность приобретает задача мониторинга спектра частот не только для служб радиоконтроля, но и для самообучающихся интеллектуальных радиосетей – «когнитивного радио».

Постоянно растущий уровень автоматизации процессов мониторинга спектра, часто исключаящий присутствие оператора, корректирующего параметры системы, требует применения алгоритмов, качественные характеристики которых были бы устойчивы в условиях высокой априорной неопределенности. Поэтому на современном этапе развития науки и техники разработка алгоритмов обнаружения радиосигналов в условиях априорной неопределенности для решения задачи мониторинга электромагнитного спектра в когнитивных радиосетях представляет собой

актуальную задачу. Развитие данной тематики в диссертации Стоянова Д.Д. имеет важное теоретическое и практическое значение для радиотехники и ряда смежных областей.

### **Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов**

Наиболее значимые научные результаты диссертационной работы состоят в следующем:

- предложена модификация знако-рангового критерия Вилкоксона, позволяющая решать задачу статистического обнаружения сигнала на фоне шума с асимметричным распределением;
- разработан алгоритм обнаружения широкополосных сигналов, основанный на модифицированном критерии Вилкоксона, работающий в условиях непараметрической априорной неопределенности;
- разработан комбинированный алгоритм обнаружения для решения задачи мониторинга спектра в когнитивных радиосистемах в широком частотном диапазоне.

Новизна и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждены апробацией на международных и всероссийских научных семинарах и конференциях различного уровня.

По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них 2 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Получено свидетельство о регистрации программного обеспечения.

### **Практическая значимость полученных в диссертации результатов**

Практическая значимость диссертационной работы подтверждена следующими положениями:

– предложенная модификация непараметрического критерия Вилкоксона расширяет сферу его применения на задачи обнаружения сигнала в частотной области на фоне шума с асимметричным видом плотности вероятности в условиях непараметрической априорной неопределенности;

– эффективность разработанного алгоритма обнаружения по сравнению с известным и применяемым на практике алгоритмом выше на 1...14 дБ при отношении сигнал/шум в полосе обзора от –16 дБ до 16 дБ для сигналов современных стандартов радиосвязи, имеющих различные статистические характеристики;

– разработанный комбинированный алгоритм обнаружения объединяет в себе преимущества существующего алгоритма обнаружения узкополосных сигналов и разработанного непараметрического алгоритма, эффективного при обнаружении широкополосных сигналов. Это позволяет применять его для обнаружения сигналов в диапазоне частот от единиц МГц до нескольких ГГц в условиях отсутствия априорной информации относительно действующих в данной полосе сигналов;

– разработана программа «SignalDetecting» (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2014618161), которая позволяет проводить анализ алгоритмов обнаружения радиосигналов по набору синтезированных сигналов с различными статистическими характеристиками, путем статистического моделирования рассчитывать и отображать характеристики обнаружения, проверять работу алгоритмов обнаружения на записях реальных радиосигналов.

Перечисленные результаты являются хорошей основой для разработки перспективных методов мониторинга электромагнитного спектра в аппаратуре когнитивных радиосетей, радиотехнических системах служб радиоконтроля и радиоэлектронной разведки.

### **Замечания по диссертационной работе**

- Автор использует сравнение разработанных алгоритмов обнаружения с существующим параметрическим квазиоптимальным алгоритмом обнаружения. Выбор именно этого алгоритма для сравнения обоснован не в полной мере.
- Исходная модель, заявленная автором, рассматривает шум в полосе частот как белый шум фиксированной амплитуды.
- В разделе 3.4 диссертации приводятся результаты обнаружения реального сигнала с модуляцией COFDM разработанным непараметрическим алгоритмом, однако сравнительный анализ характеристик обнаружения с существующим алгоритмом для данного типа сигналов не приводится.
- Корень в формуле (1.26) излишен.
- На стр. 37 автор указывает, что размер окна  $WW$  зависит от размера ДПФ  $N$ , однако, ссылаясь на работу [82], предлагает использовать фиксированное окно длиной 20 отсчетов ДПФ.
- Не ясна устойчивость предлагаемого алгоритма обнаружения к узкополосным помехам.

Указанные замечания существенным образом не снижают научную и практическую ценность представленной работы, которая заслуживает положительной оценки.

### **Выводы**

Диссертационная работа Стоянова Д.Д. является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором на высоком профессиональном уровне получено решение актуальной научной задачи разработки алгоритмов обнаружения сигналов в когнитивных радиосетях.

Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертации.

Диссертационная работа «Разработка и исследование алгоритмов обнаружения сигналов в когнитивных радиосетях» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Стоянов Дмитрий Драганович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент

к.т.н., инженер

ООО «Эдвансед Трансформейшен  
Консалтинг»

И. С. Мочалов

150054, г. Ярославль, ул. Тургенева, д. 17  
ООО «Эдвансед Трансформейшен Консалтинг»  
Ярославское обособленное подразделение  
Тел. +7(962) 202-75-47, e-mail: yar\_panda@yahoo.com

Партнер, Руководитель блока ВІ  
ООО «ЭйТи Консалтинг»

30.12.2014



А.В. Нугманов