

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Либеровского Никиты Юрьевича
«Разработка слепого алгоритма разделения радиосигналов в системах
когнитивного радио», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по научной специальности 2.2.13 -
Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Радиочастотный спектр является природным ресурсом, необходимость эффективности использования которого зафиксирована в Федеральном законе от 07.07.2003 № 126-ФЗ «О связи». Непрерывное развитие технологий связи обуславливает необходимость оптимизации подходов распределения радиочастотного спектра и поиска новых решений. Одним из подходов, анонсированных еще в 1999 году, является когнитивное радио, актуальность применения которого связана с развитием технологии 5G/IMT-2020.

В классическом определении когнитивным радио является технология, предложенная в 1999 году и позволяющая повторное использование радиочастотного спектра за счет перестройки устройства на временно освобождаемые радиочастоты. Однако, проводимые исследования показали, что на практике существует ряд затруднений ее использования, связанных в том числе с тем, что простой детектор не позволяет гарантировать точное обнаружение наличия сигнала первичных радиослужб. Предложенный автором метод использования слепого разделения каналов может использоваться в качестве одного из способов решения данной проблемы, не являющийся до настоящего времени основным элементом когнитивного радио.

Методы слепого разделения сигналов позволяют отделить полезный сигнал от помехи исходя только от входных смешанных сигналов. Алгоритмы слепого разделения сигналов основываются только лишь на общих предположениях относительно математической модели аддитивной смеси принимаемых полезных сигналов и шума, что позволяет им эффективно

Вход. № 133/202
« 29 » 11 2023.
подпись

работать в различных условиях априорной неопределенности. Таким образом, диссертационная работа Либеровского Н.Ю., посвященная разработке слепого алгоритма разделения радиосигналов в системах когнитивного радио, является **актуальной**.

В диссертационной работе получены следующие **новые результаты**:

1. Разработан алгоритм слепого разделения двух комплексных сигналов, использующий в качестве критерия независимости сигналов кумулянты четвертого порядка, отличающийся от известных тем, что он выполняется за априори известное количество арифметических операций и приводит смешанный кумулянт четвертого порядка выходных сигналов к нулю за счет получения аналитического решения частного случая полиномиального уравнения четвертого порядка.

2. Получено общее решение декорреляции двух комплексных сигналов за конечное число арифметических операций, основанное на системе уравнений второго порядка, приводящее дисперсии выходных сигналов к единице, а коэффициент ковариации к нулю, что обеспечивает помехоустойчивость систем когнитивного радио за счет разделения полезного сигнала и помехи.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке алгоритма слепого разделения сигналов на основе новых математических выражений для решения задачи декорреляции сигналов и решения задачи сведения кумулянтов четвертого порядка к нулю аналитическим методом. Практическая ценность работы заключается в повышении отношения сигнал/помеха (ОСП) на выходе приемника при детектировании и дальнейшей обработке цифровых сигналов без дополнительной априорной информации.

Достоверность проведенных соискателем научных положений, результатов и выводов подтверждается аргументированностью и доказательностью предложенных алгоритмов и моделей, корректностью применения математического аппарата и согласованностью результатов,

полученных с помощью аналитических расчетов, теоретического анализа, имитационного моделирования.

Обоснованность результатов подтверждается приведенным обзором и анализом алгоритмов слепого разделения сигналов, детальным анализом при разработке предложенного алгоритма слепого разделения сигналов. В работе использованы публикации отечественных и зарубежных авторов по теме исследований, что подтверждается соответствующими ссылками по теме диссертации. Проведенное имитационное моделирование разделения сигналов с использованием предложенного алгоритма также подтверждают обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК.

В работе следует отметить следующие замечания и недостатки:

1. В диссертационной работе отсутствует оценка асимптотической вычислительной сложности разработанного алгоритма в зависимости от объема обрабатываемой выборки.

2. В диссертационной работе рассматривается случай для двух сигналов, один из которых полезный, а второй помеха. Но возможны ситуации, когда существует несколько помеховых сигналов. Из текста работы не ясно будет ли работать предложенный алгоритм в этом случае.

3. В системах современной сотовой связи и радиодоступа практически не используются сигналы с частотной манипуляцией. В материалах диссертации не приведено обоснование выбора таких сигналов для проведения оценки эффективности разработанного алгоритма.

4. В диссертации отсутствуют наглядные иллюстрации осциллограмм и спектрограмм обрабатываемых сигналов.

Указанные замечания и недостатки по диссертационной работе не снижают ее научной ценности.

Выводы. Диссертационная работа Либеровского Н.Ю. является законченной научно-исследовательской работой. Предложенный автором алгоритм слепого разделения сигналов, основанного на декорреляции и приведении к нулю смешанного кумулянта четвертого порядка за конечное число арифметических операций, позволяет повысить помехоустойчивость передачи цифровых сигналов в системах когнитивного радио. Представленная диссертационная работа полностью соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842, а ее автор, Либеровский Никита Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент,
заместитель директора Цента исследования
перспективных беспроводных технологий
связи ФГБУ НИИР, кандидат технических
наук по специальности 05.12.13
телефон: (495) 647-17-77, доб. 2651
e-mail: m.ivankovich@niir.ru



М.В. Иванкович

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-исследовательский институт радио имени М.И. Кривошеева» (ФГБУ НИИР),
почтовый адрес: Казакова ул., д. 16, Москва, 105064,
e-mail: info@niir.ru, <http://www.niir.ru>

Подпись М.В. Иванкович заверяю,

Заместитель генерального директора по науке,
к.т.н., доцент



А.А. Захаров

