

ГУАП ОД	Документ зарегистрирован	
	« 15 »	12 2025 г.
	Вх. № 81-294/25	

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
унитарного предприятия «Ростовский-на-
Дону научно-исследовательский институт
радиосвязи» Федерального научно-
производственного центра, кандидат
технических наук

А.А. Косогор

2025 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Крячко Михаила Александровича,
выполненной на тему:

«Методика формирования сигналов и обработки изображений на основе функций
Кравченко-Рвачева и обобщенных атомарных вейвлетов в
телекоммуникационных системах», представленной на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и
устройства телекоммуникаций»

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Актуальным направлением развития современных систем, сетей и устройств телекоммуникаций является анализ, обработка, хранение и передача информации, представленной с помощью различных типов сигналов. Для передачи целевой информации систем дистанционного зондирования Земли требуется обеспечить скорость передачи информации до 2 Гбит/с с учётом длительности сеанса связи около 10 мин. Передача фотографий высокого разрешения, а также возможность приёма информации ограниченным числом наземных станций приводят к запросам на увеличение скорости в канале «космос – Земля» более 1 Гбит/с в X- либо Ka-диапазоне. Сети 5G должны обеспечить скорость передачи данных до 20 Гбит/с и среднюю скорость

взаимодействия с пользователем 120 Мбит/с, а в проектируемых сетях 6G эти значения должны достичь 1 Тбит/с и 1 Гбит/с соответственно. Предполагается использовать для этих целей радиointерфейс на основе нейронного приёмника с настраиваемой модуляцией. Реализация интегрированных измерений и связи в этом случае основывается на аспектах физического уровня, таких как оптимизация формы сигнала и требований к полосе пропускания, оптимальная архитектура системы и объединение данных связи и измерений в системе.

Алгоритмы вейвлет преобразования нашли широкое применение в существующих и перспективных телекоммуникационных системах. Эффективность представления сигналов в вейвлет области, их анализ и обработка существенно зависят от выбора материнских функций, которые при этом используются. Адекватный выбор таких функций обеспечивает необходимую точность аппроксимации информативных сигналов во время-частотной области, позволяет реализовать качественную декомпозицию и сосредоточить энергию сигнала в небольшом количестве значимых ненулевых коэффициентов.

При выборе материнской функции, учитываются такие характеристики, как размер носителя, количество нулевых моментов и гладкость базовых функций. Однако, указанные свойства предоставляют лишь математическое описание материнских функций, которое не позволяет получить явные рекомендации по их практическому применению для анализа и обработки различных типов сигналов. Поэтому, с целью поиска оптимальных материнских функций в современной технике обработки сигналов используются подходы, в основе которых лежат энергетические, корреляционные и информационные критерии.

ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Достоверность полученных в работе результатов определяется использованием апробированных методов теоретического анализа и эксперимента, а также согласованностью теоретических расчетов с результатами компьютерного моделирования и экспериментов. Результаты, представленные в диссертационной работе, доложены и обсуждены на следующих всероссийских и международных конференциях: Всероссийской научно-технической конференции: «Информационная безопасность – актуальная проблема современности. Совершенствование образовательных технологий подготовки

специалистов в области информационной безопасности», г. Краснодар, 2013 – 2025; Международной конференции «Professional Search in the Modern World», St. Petersburg, Russia, 2014; International Conference for young researchers «Wave Electronics and its application in information and telecommunication systems» St. Petersburg, Russia, 2020 – 2025. Также полученные результаты обсуждены на научных межкафедральных семинарах института радиотехники и инфокоммуникационных технологий ГУАП, 2018 – 2025.

НОВИЗНА ОСНОВНЫХ ВЫВОДОВ И РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

1. Метод построения спектрально-эффективных сигналов на основе атомарных функций Кравченко-Рвачева, отличающийся увеличением скорости вычислений и обеспечении требуемой точности построения огибающей сигналов с заданной крутизной её спада.

2. Методика обработки новых спектрально-эффективных сигналов, имеющих сложные законы изменения амплитуды колебания, в отличие от известных, с заданной скоростью спада спектра вне занимаемой полосы при высокой концентрации энергии внутри занимаемой полосы частот и обладающей повышенной помехоустойчивостью.

3. Методика обработки цифровых изображений, основанная на обобщенных атомарных вейвлетах, отличающаяся наличием механизма контроля потерь качества изображений на основе равномерной метрики, определяемой максимальным абсолютным отклонением, основанной на использовании понятия поперечника А.Н. Колмогорова, среднеквадратичной метрики и отношения пикового сигнала к шуму.

4. Научно-технические предложения по реализации обработки и сжатия изображений, в базисах обобщённых вейвлетов, в трактах формирования и обработки телекоммуникационных систем с учётом показателей качества.

В совокупности научные положения, выносимые на защиту, составляют решение поставленной задачи.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Разработан способ многокритериальной оптимизации выбора обобщённых вейвлет функций для обработки одномерных непериодических сигналов, который в отличие от известных базируется на основе аппарата нечёткой логики и позволяет повысить эффективность выбора обобщённых вейвлет функций. Предложено и обосновано использование универсального индекса качества сигнала, как нового критерия выбора базовых вейвлет функций, который в отличие от известных позволяет осуществлять выбор обобщённых вейвлет функций на основе совокупности оценок коррелированности, изменения среднего значения и динамического диапазона обрабатываемого сигнала, что позволяет повысить качественные характеристики вейвлет преобразования в процессе очистки сигналов от шума.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Получили дальнейшее развитие: способы и устройства синтеза спектрально-эффективных сигналов на основе атомарных функций Кравченко-Рвачева, способы обработки цифровых изображений, на основе обобщённых вейвлет функций, способ оценки качества обработки цифровых изображений. Метод оценки эффективности выбора материнских функций по критерию соотношения энергии вейвлет коэффициентов и энтропии распределения энергии Шеннона, который отличается от известных использованием соотношения нормы энергии коэффициентов аппроксимации к энтропии детальных коэффициентов; по критерию оценки коэффициента взаимной корреляции, который в отличие от существующего использует взаимную корреляцию между анализируемым сигналом и вейвлет коэффициентами; по информационному критерию, который отличается от известных использованием соотношения взаимной информации к относительной энтропии анализируемого сигнала, что позволило сосредоточить энергию сигнала в небольшом количестве значимых коэффициентов, обеспечить необходимую точность аппроксимации и наиболее полное представление сигналов во время-частотной области.

Разработаны новые и усовершенствованы существующие методы и алгоритмы эффективного выбора обобщённых вейвлет функций, которые могут

быть использованы для разработки и усовершенствования телекоммуникационных систем, аппаратно-программных средств обработки сигналов в специализированных компьютерных системах, компьютеризированных системах диагностирования и контроля параметров процессов и сред, системах для измерения параметров случайных процессов и полей, системах идентификации сигналов, системах автоматического контроля технологических процессов и др., что позволит повысить эффективность обработки сигналов, в том числе изображений и видеосигналов, учитывая повышение быстродействия передачи таких сигналов и качественного их преобразования во время-частотной области.

ЗАМЕЧАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В автореферате не приведены количественные показатели повышения помехоустойчивости приёма спектрально-эффективных сигналов.
2. В автореферате не приведены разработанные схемы радиоприёмных устройств, обеспечивающих требуемую помехоустойчивость приёма.
3. Из автореферата не ясен способ синхронизации приёмника и передатчика при динамическом изменении формы сигналов по закону, известному как передающей, так и приёмной стороне.
4. В автореферате не приведены сведения о вычислительной сложности разработанного алгоритма сжатия изображений, что не позволяет оценить его эффективность по сравнению с алгоритмом «JPEG 100».

ВЫВОДЫ

1. Диссертация Крячко М.А., несмотря на отмеченные замечания, выполнена на требуемом научно-техническом уровне и соответствует специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».
2. Диссертация Крячко М.А. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития технической отрасли знаний.
3. Диссертация Крячко Михаила Александровича удовлетворяет требованиям Положения о присуждении учёных степеней (п.п.2 пункта 9),

предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Начальник НТК
ФГУП «Ростовский-на-Дону
научно-исследовательский
институт радиосвязи»



Медзигов
Александр Владимирович

Старший научный сотрудник,
ФГУП «Ростовский-на-Дону
научно-исследовательский
институт радиосвязи»
кандидат физико-математических наук



Вартаньян
Сергей Ашотович

Руководитель группы,
ФГУП «Ростовский-на-Дону
научно-исследовательский
институт радиосвязи»,
кандидат технических наук



Романченко
Роман Сергеевич

И.о. начальника управления
подготовки кадров
высшей квалификации
ФГУП «Ростовский-на-Дону
научно-исследовательский
институт радиосвязи»,
доктор технических наук, доцент



Елисеев
Александр Вячеславович

Адрес организации: Российская Федерация, 344038, г. Ростов-на-Дону,
ул. Нансена, д. 130