

АО «КОНЦЕРН ВКО «АЛМАЗ-АНТЕЙ»



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
имени В.В. Тихомирова»

Гагарина ул., д. 3, Жуковский,  
Московская область, Россия, 140180  
Факс: (498) 487-49-99 тел.: (495) 556-23-48  
Факс: (495) 276-67-07 e-mail: [niip@niip.ru](mailto:niip@niip.ru)  
<http://www.niip.ru>  
ОКПО 13185231, ОГРН 1025001627859  
ИНН/КПП 5013045054/504001001

*08.08.2024 № 100/24с/26*

На № *010/1993-1* от *28.06.2024*

Г О направлении отзыва

7

Председателю диссертационного  
совета 24.2.327.01,  
на базе федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Московский  
авиационный институт (национальный  
исследовательский университет)»,  
доктору технических наук,  
профессору,  
Кузнецову Ю.В.

125993, г. Москва, Волоколамское  
шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3

Уважаемый Юрий Владимирович!

Направляю Вам отзыв ведущей организации АО «НИИП имени В.В. Тихомирова» по диссертации Ашряпова Марата Игоревича на тему «Распознавание жестикуляций человека на основе корреляционной обработки радиолокационных сигналов с применением эталонных масштабирующих функций», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16. Радиолокация и радионавигация.

Приложение: 1. «Отзыв ведущей организации ...», 2 экз., на 7 л. каждый;  
2. Автореферат от н/вх. №1989 от 08.07.2024, 1 бр.

С уважением,

Ученый секретарь НТС

Г.В. Кауфман

Слепченкова Светлана Валентиновна, отдел 40, инженер I кат.  
(495)556-66-12

Вх. №	01-62811
« 21 »	08 2024 г.
Кол-во листов документа	7 (2 экз.)
Приложения	

АО «КОНЦЕРН ВКО «АЛМАЗ-АНТЕЙ»



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**«НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
имени В.В. Тихомирова»**

Гагарина ул., д. 3, Жуковский,  
Московская область, Россия, 140180  
Факс: (498) 487-49-99 тел.: (495) 556-23-48  
Факс: (495) 276-67-07 e-mail: [niip@niip.ru](mailto:niip@niip.ru)  
<http://www.niip.ru>  
ОКПО 13185231, ОГРН 1025001627859  
ИНН/КПП 5013045054/504001001

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
Г \_\_\_\_\_ 7

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»

Н.Б. Медуницин



2024 г.  
15.04.2024 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

АО «НИИП имени В.В. Тихомирова» на диссертацию Ашряпова Марата Игоревича на тему «Распознавание жестикуляций человека на основе корреляционной обработки радиолокационных сигналов с применением эталонных масштабирующих функций», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16. Радиолокация и радионавигация.

### Актуальность темы диссертационной работы.

Устройства на основе сверхширокополосных технологий (СШП) становятся все более востребованы и популярны, они позволяют решать широкий спектр прикладных задач, а также находят свое применение во многих отраслях науки и техники. На сегодняшний день, актуальной решаемой задачей является взаимодействие человека и электронных средств на бесконтактном и дистанционном уровне. Это стало возможным благодаря развитию СШП технологии.

Диссертационная работа Ащряпова Марат Игоревича направлена на решение актуальной проблемы связанной с распознаванием моторики человека, наблюдаемой при помощи радиолокационного датчика обнаружения движения.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности, требованиям ВАК для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений, и списка литературы.

**Во введении** определяются основные тезисы диссертационного исследования: актуальность; цель; решаемые задачи; методы исследования; научная новизна работы; практическая значимость и внедрение результатов работы; основные положения, выносимые на защиту, публикации и апробации.

**Первая глава** посвящена этапу проектирования устройства. Глава содержит определение понятия моторики человека (жестикуляций). Предъявляемые требования\возможности и граничные условия эксплуатации устройства. Обоснование выбора параметров зондирующего сигнала, принципы построения радарного датчика. Поясняется принцип формирования и первичной обработки сигнала. По результатам первой главы построен лабораторный макет СШП датчика.

**Вторая глава** посвящена моделям и свойствам радиолокационных сигналов при зондировании объекта микро перемещения. Автором рассматриваются простые колебательные законы перемещения (равномерные, с ускорением). Оцениваются доплеровские частоты с учетом различных скоростей зондируемого объекта.

Поясняется формирование комплексно сопряженного сигнала в квадратурных каналах приемника. Выведены формулы, поясняющие полезную и шумовую составляющую. Приведены сравнительные диаграммы регистрируемых сигналов, иллюстрирующие равномерное и ускоренное движение. Показана зависимость между фазовым вектором регистрируемого

сигнала и дальности до объекта наблюдения. Предложена модель регистрируемого сигнала на основе ЛЧМ, соответствующая по длительности времени наблюдения  $\sim 1$  с, и состоящая из 100 дискретных отсчетов. Данная модель сигнала характеризует один из возможных исходов регистрации движения с равномерным ускорением и переходом через фазовые полюса, при поступательном движении.

Сделаны выводы и заключения, касающиеся формы регистрируемого сигнала для ближней и дальней зоны.

**Третья глава** посвящена методам вторичной обработки радиолокационных сигналов для решения задачи распознавания жестикуляций. В силу неточного знания ожидаемого сигнала в момент регистрации движений человека, классические методы анализа не позволяют прогнозировать достоверный результат распознавания. Влияние ускорения объекта, ракурса наблюдения, дальности, изменяют форму сигнала по длительности, по амплитуде. Что требует особенного подхода в обработке подобных сигналов.

В главе приводится литературный анализ ранее достигнутых результатов в области интеллектуальной обработки на основе искусственного интеллекта (ИИ), что несомненно является одним из перспективных путей исследований. Однако сложность применения ИИ заключается в формировании большой обучающей выборки, решение проблематики может быть найдено в применении методов базирующихся на показателях метрик. Автором приводятся работы, указывающие на степень разработанности, достигнутые результаты, применимость и существующую проблематику.

Корреляционный анализ сложных сигналов является фундаментом предложенного метода распознавания. В диссертационной работе, автор противопоставляет корреляционный анализ и вейвлет анализ, как наиболее близкий по смыслу и математическому описанию. Оба метода не лишены специфических особенностей применения. Что и побудило к разработке

комбинированного принципа анализа. Где корреляционный анализ является ядром преобразования, а из теории вейвлетов заимствован принцип масштабируемой анализирующей функции (т.е. вейвлета).

**Четвертая глава** посвящена проведению натуральных испытаний макета радиолокационного датчика в составе системы распознавания жестикуляций человека.

Автор указывает на преемственность предшествующих работ в области СШП радиолокации для наблюдения биопоказателей человека. Приводятся источники публикаций, раскрывающие степень исследований. Существующие устройства на основе СШП нашли широкое применение в медицине, охранной деятельности, а также для решения прикладных технических задач.

Для подтверждения работоспособности системы распознавания поставлены серии натуральных экспериментов. Определена сцена расположения датчика, граничные условия эксплуатации, характер жестикуляций и параметры.

Приведены схематичные примеры перемещения руки, которые соответствуют мнемонике написания символов алфавита, а также, регистрируемый сигнал при их наблюдении.

Выполнен сравнительный анализ работоспособности коррелятора с масштабируемыми эталонами и классического коррелятора. Показана зависимость результирующего коэффициента корреляции от формы принимаемого сигнала. На основе вероятностной оценки распознавания сделан вывод об эффективности и состоятельности предложенного метода. Натурные результаты эксперимента подтверждаются расчетами и моделированием.

**В заключении**, согласно положениям выносимых на защиту, сформулированы основные полученные результаты.

**В приложении** содержатся акты о внедрении. Приведен программный

листинг на скриптовом языке Matlab.

**Научная новизна** диссертации характеризуется результатами:

- В ходе проведенного анализа регистрируемых сигналов при наблюдении жестикуляций человека, посредством СШП радиолокационного датчика выявлена зависимость между изменением формы сигнала и дистанцией до человека. А именно, в ближней зоне доплеровская составляющая сигнала выше чем в дальней, что обусловлено различием радиальных скоростей. Учитывая фактор дальности, при вторичной обработки сигнала, способствует повышению эффективности распознавания, которое выражено вероятностью.

- Предложен коррелятор многомасштабного анализа. На основе корреляционной метрики и множества опорных сигналов достигается избирательность к сигналам с флуктуациями по длительности в пределах 10%.

- Проведен сравнительный анализ классического коррелятора и коррелятора с масштабируемым эталоном для сигналов, осложненных флуктуациями.

Проведен сравнительный анализ методов распознавания коррелятора с масштабируемым эталоном и на основе вейвлет преобразования.

**Практическая значимость** работы состоит в реализации сверхширокополосного радиолокационного устройства датчика. Датчик позволяет фиксировать динамический образ жестикуляций человека. Разработан вторичный метод обработки сигнала, на основе которого построена система распознавания мелкой моторики человека.

**Достоверность** результатов работы подтверждается обоснованием аппаратной части реализуемого устройства, результаты полученные в ходе проведения натуральных экспериментов согласуются с расчетными, а также подтверждаются общей теорией сигналов СШП РЛС, устройств СВЧ.

Результаты диссертационного исследования были представлены на 5 научно-технических конференциях и опубликованы в 9 научно-технических

журналах, 4 из которых относятся к рецензируемым журналам перечня ВАК.

*Работа выполнена в рамках государственных заданий Минобрнауки России, номера тем FSFF-2020-0015 и FSFF-2023-0005, и подтверждена 3 актами о внедрении.*

### **Общие замечания.**

1. Формальное разделение на ближнюю/дальнюю зону должно сопровождаться численным обоснованием или критерием.

2. При выделении коэффициента корреляции возникает доверительный интервал, при превышении порогового значения принимается решение. В свою очередь, уместно применить математический аппарат нечетких множеств (fuzzy logic). Примеры применения такой практики отсутствуют в данной работе.

3. Формирование зондирующего СШП импульса, его передача в СВЧ тракте, а также излучение антенной решеткой вносят изменения в параметры и форму импульса. Данная проблематика не освещается в рамках написания работы.

### **Заключение**

Отмеченные недостатки не являются критическими для научной и практической значимости основных результатов полученных автором, а также не снижают общую положительную оценку работы.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Ашряпов Марат Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16. Радиолокация и радионавигация.

Отзыв на диссертацию заслушан и утвержден на заседании секции №11 НТС АО «Научно-исследовательский институт приборостроения имени

В.В. Тихомирова» (протокол №8 от 06.08.2024 г.).

Выражаю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Ащряпова М.И. и их дальнейшую обработку.

Отзыв составил:

Ученый секретарь НТС

АО «НИИП имени В.В. Тихомирова», д.т.н

Г.В. Кауфман

АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»,

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт

приборостроения имени В.В. Тихомирова»,

140180, Московская обл., г. Жуковский, ул. Гагарина, д.3

Тел.: +7(495)556-66-12

E-mail: niip@niip.ru

*С отзывом ознакомлен*

*Аш Ащряпов М.И.*

*21.08.2024*