

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора технических наук, доцента Тычкова Александра Юрьевича  
на диссертационную работу Гайнирова Игоря Мадыхатовича на тему  
«Разработка алгоритмического и программного обеспечения для обработки  
сигналов программно-аппаратного комплекса измерения и сопоставления  
движений», представленной на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

### **1. Актуальность темы исследования**

Диссертационная работа Гайнирова Игоря Мадыхатовича посвящена актуальной проблеме разработки методов и алгоритмов обработки данных для систем измерения и сопоставления движений на основе МЭМС-датчиков. Потребность в таких системах существует в различных прикладных областях - от медицинской реабилитации и абилитации, до инструментов тактильного взаимодействия пользователей виртуальных пространств. Вместе с тем, известные технические решения достаточно громоздки и дорогостоящи, а требуют высокой точности адаптации под конкретного человека и задач их использования. Разработка компактных мобильных систем с МЭМС-датчиками требует совершенствования алгоритмов и программ обработки измерительных данных, снижающих избыточность и сложность потоковых вычислений без потери значимой информации о движениях пользователя или отдельных частей его тела. Решению данной научно-технической проблемы посвящена данная диссертация.

### **2. Научная новизна полученных результатов**

В диссертации получены следующие новые научные результаты:

- усовершенствована методика хранения измерительной информации о движении кисти человека на основе анализа сигналов МЭМС-датчиков, позволяющая учитывать дрейф нулевого уровня выходных каналов датчиков;

- разработан подход многократного уменьшения размерности матрицы данных о движении без потери значимой информации на основе вейвлет-преобразования и корреляционного анализа;

- усовершенствована методика сравнения цифровых паттернов движений, обеспечивающая многократное увеличение быстродействия программно-аппаратного комплекса с МЭМС-датчиками.

Достоверность и обоснованность научных положений диссертации подтверждается применением адекватных математических методов и согласованностью с результатами других исследователей, в том числе международных. Положения и выводы основаны на достаточном объеме обработанных экспериментальных данных и подтверждаются возможным успешным практическим применением.

### **3. Практическая значимость результатов диссертации**

Практическая значимость подтверждена внедрением полученных результатов в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина» в лаборатории клинико-поведенческих исследований человека.

Гайниyarовым Игорем Мадыхатовичем в соавторстве зарегистрировано и опубликовано 5 свидетельств о государственной регистрации программы ЭВМ, отражающие практическую сущность диссертационной работы.

Практическая ценность работы заключается в снижении требований к аппаратно-программным комплексам и упрощении их с использованием МЭМС-датчиков в условиях сохранения высокой производительности. Разработанные методы и алгоритмы реализованы в программно-аппаратном комплексе мониторинга движений.

### **4. Оценка содержания диссертации и её оформления**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и приложений. Работа изложена на 178 страницах, содержит иллюстрации, таблицы и листинги программного кода.

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, представлены защищаемые положения.

**Первая глава** посвящена подробному анализу состояния предметной области. Автор рассматривает существующие методы и системы регистрации движений, их применимость для фиксации движений кисти. Особое внимание уделено проблемам применения инерциальных МЭМС-датчиков.

**Во второй главе** диссертации представлен анализ особенностей информационных сигналов в комплексе контроля движений кисти человека. Автор детально рассматривает характеристики и потенциальные искажения сигналов акселерометра и гироскопа. Проводится сравнительный анализ датчиков и обосновывается выбор конкретных моделей. Исследуется влияние различных факторов на сигнал.

**Третья глава** описывает предложенные автором методики уменьшения размерности информации с МЭМС-датчиков. Подробно представлена методика трансформации данных с применением вейвлет-преобразования. Обоснован выбор типа коэффициентов и уровня преобразования. Представлен алгоритм комбинации и отбора столбцов матрицы данных о движении на основе корреляционного анализа. Методики позволили уменьшить объем обрабатываемых данных.

**В четвертой главе** описана реализация алгоритмического и программного обеспечения системы контроля движений кисти человека. Приведены результаты апробации системы. С использованием предложенных методик сформированы эталонные цифровые паттерны движений. Проведено экспериментальное сравнение с классическим алгоритмом DTW, показано увеличение быстродействия при сохранении качества распознавания.

**В заключении** сформулированы основные результаты работы, подведены итоги достижения поставленных целей и задач.

Диссертация представляет собой целостное, завершенное научно-техническое исследование. Все главы логически взаимосвязаны, материал хорошо структурирован и изложен последовательно. Автор демонстрирует глубокое владение современными научными методами и инструментами. Оформление диссертации соответствует установленным требованиям.

В автореферате достаточно подробно отражены основные результаты диссертационного исследования, отсутствуют противоречия между данными автореферата и диссертации. Тема диссертационного исследования и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности «2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

### **5. Замечания и вопросы по диссертации**

1. По материалам диссертационного исследования встречаются стилистические и орфографические ошибки, рассмотрены не все обозначения в формулах, некоторые рисунки по тексту представлены достаточно мелко и слабо читаемые.

2. В диссертации приведен не полный обзор и анализ систем захвата движения, в том числе обоснование конкретных примеров разновидностей МЭМС-датчиков, используемых в настоящем исследовании. Следовало предоставить количественные данные, сравнивающие производительность различных датчиков, объясняющие выбор конкретных моделей.

3. В диссертационной работе выполнена не полная оценка эффективности предложенных методик. Следовало предоставить не только данные о фактическом сокращении объема данных, но и продемонстрировать, как это повлияло на производительность предлагаемой системы в целом для достижения заявленных в диссертации целей и задач исследования.

4. В материалах диссертационного исследования не полно раскрыт выбор метода математической обработки информационных данных, как вейвлет-преобразование. Не смотря на обилие существующих методов

обработки цифровых измерительных данных, вейвлет-преобразование имеет определенные ограничения.

5. В работе приведены не полные результаты сравнительного анализа предложенного аппаратно-программного решения с другими существующими системами. Следовало включить результаты сравнения производительности, точности и надежности предложенной системы с аналогичными, на основе МЭМС-датчиков.

6. В диссертационной работе недостаточно полно раскрыты перспективы применения полученных результатов для использования в медицинской реабилитации и абилитации. Отсутствуют обоснования и возможности достижения значимых результатов в медицинской практике.

7. Недостаточно полно обоснован выбор базовых типов движений пользователя в условиях эксперимента. Из текста диссертации неясно, насколько предложенный набор является репрезентативным и достаточным для оценки работы предложенной системы.

8. В описании экспериментов совершенно отсутствует информация о количестве испытуемых и числе повторений каждого выбранного типа движения.

Приведенные замечания не меняют общего положительного мнения о диссертации и не снижают научную и практическую значимость результатов исследования.

## **6. Общая характеристика работы**

Исследования проведены в значительном объеме, логически выстроены, включают как теоретические аспекты, так и экспериментальную проверку.

## 7. Заключение по работе

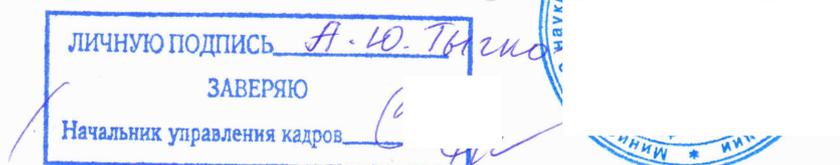
Диссертация Гайнирова Игоря Мадыхатовича являются законченной научно-квалификационной работой, которая в полной мере отвечает требованиям по актуальности, научной новизне, практической значимости, личному вкладу автора, представлению результатов исследования в научных публикациях, в том числе международного уровня, а также соответствует пп. 9-11, 13-14 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, Игорь Мадыхатович Гайниров, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

### Официальный оппонент

Доктор технических наук, заведующий кафедрой «Радиотехника и радиоэлектронные системы» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», доцент.

А.Ю. Тычков

Подпись Тычкова Александра Юрьевича заверяю:



**Контактные данные:** ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», 440000, г. Пенза, ул. Красная, 40, телефон: +7 (937) 427-46-17, e-mail: tychkov-a@mail.ru.