

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.414.22

ТАРАСЮК  
Игорь Сергеевич  
**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАСХОДА ЭНЕРГИИ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ  
АКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ**

Автореферат  
на соискание степени магистра  
по специальности 1–45 80 01 Системы и сети инфокоммуникаций

---

Научный руководитель  
к.т.н., доцент  
НЕСТЕРЕНКОВ Сергей  
Николаевич

---

Минск 2024

## ВВЕДЕНИЕ

Задача оценки физической активности на основе сенсорных данных как одного из наиболее существенных факторов, определяющих состояние здоровья человека, набирает свою актуальность по мере повышения доступности, компактности и уровня точности разнообразных датчиков, которые становятся пригодными для помещения их в персональные мобильные устройства. Наиболее комплексной характеристикой физической активности человека является затрачиваемая его организмом под воздействием физических нагрузок энергия.

Широчайшее распространение получили такие персональные мобильные устройства, как смартфоны. Набор имеющихся в смартфоне датчиков может различаться от модели к модели, но подавляющее большинство данных устройств оснащено акселерометром – датчиком, измеряющим ускорение, с которым его платформа перемещается в пространстве.

С перемещением в пространстве связана основная часть физической активности человека. Проанализировав последовательность изменений вектора ускорения смартфона, можно промоделировать историю перемещения устройства в пространстве, а вместе с ним и человека, переносящего с собой данное устройство в течение своей повседневной деятельности. Таким образом смартфон является актуальным средством сбора информации о физической активности человека, а за счет все возрастающей вычислительной мощности устройств данного класса – и средством анализа этой информации.

В настоящее время набирают популярность и носимые устройства, задача оценки состояния организма человека которыми является одной из основных их функций согласно дизайну – умные часы и браслеты. Такие устройства обладают большим количеством соответствующих датчиков и имеют постоянный плотный контакт с телом человека, однако на данный момент в большинстве своем фактически выступают в качестве необязательных аксессуаров к смартфонам, вследствие чего обладают существенно менее широким распространением.

Таким образом данная диссертация посвящена изучению алгоритмов оценки физической активности человека на основе показаний акселерометра его смартфона, в частности затрачиваемой им на передвижение энергии.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь работы с крупными научными программами**

Тема диссертационной работы соответствует пункту 2 приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2021–2025 гг., утвержденных Указом Президента Республики Беларусь №156 от 7 мая 2020 г. «Биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии и производства». Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертационной работы является построение комплексной методики оценки расхода энергии при физической активности на основе анализа полученных сенсорных данных.

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие задачи:

1. Определить параметры для оценки расхода энергии при физической активности по полученным данным.
2. Проанализировать методы для оценки параметров и выбрать достоверные параметры для анализа физической активности.
3. Вывести алгоритм, оценивающий расход энергии, и на основании алгоритма вывести комплексную методику оценки для получения достоверных результатов.

### **Личный вклад соискателя ученой степени**

Содержание диссертации отображает личный вклад автора. Он заключается в научном обосновании алгоритмов (методов, программных средств и т.д.) название, постановке и проведении экспериментов по исследованию характеристик, оценке эффективности разработанных алгоритмов, обработке и анализе полученных результатов, формулировке выводов.

Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились совместно с научным руководителем кандидатом технических наук, доцентом С.Н. Нестеренковым.

### **Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов**

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, были

опубликованы в сборниках материалов BIG DATA and Advanced Analytics.

### **Опубликование результатов диссертации**

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 2 печатных работах, все из которых являются статьями в сборниках материалов научных конференций.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 11 страниц.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка, восьми приложений.

Общий объем диссертационной работы составляет 74 страниц, из них 35 рисунков на 18 страницах, 1 таблица на 1 странице, список использованных библиографических источников (95 наименований на 7 страницах), список публикаций автора по теме диссертации (2 наименования на 1 странице), графический материал на 4 страницах.

### **Проверка на уникальность**

Проведена экспертиза диссертации Тарасюка И.С. «Методика оценки расхода энергии при физической активности на основе анализа сенсорных данных» на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» (адрес доступа: <https://antiplagiat.ru>) в on-line режиме. В результате проверки установлена корректность использования заимствованных материалов (оригинальность диссертационной работы составляет 68,46 %).

### **Положения выносимые на защиту**

1. Алгоритм анализа расхода энергии при физической активности.
2. Метод анализа сенсорных данных, основанный на алгоритме.
3. Методические рекомендации для оценки расхода энергии, основанные на комплексных данных.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

**В первой главе** проведен обзор различных методов оценки энергозатрат:

1. Неинструментальные методы: методы, не требующие специальных инструментов для измерения энергозатрат.

2. Прямая калориметрия: метод измерения энергозатрат через прямое измерение теплоты.

3. Непрямая калориметрия: метод, использующий измерение потребления кислорода для оценки энергозатрат.

4. Метод меченой воды: использование воды, меченой стабильными изотопами, для оценки энергозатрат.

5. Пульсометрия: метод, основанный на измерении частоты сердечных сокращений.

6. Акселерометрия: метод, использующий данные акселерометров для оценки физической активности.

**Во второй главе** подробно рассматриваются алгоритмы и решения, используемые для оценки физической активности.

Исследование с несколькими датчиками: анализ преимуществ использования нескольких сенсоров для более точного измерения физической активности.

Сравнение нейросетевых моделей: оценка пригодности различных нейросетевых моделей для анализа данных с акселерометров.

Эта глава включает также данные экспериментов и анализ результатов, демонстрируя, как различные алгоритмы и модели могут улучшить точность оценки физической активности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были справочно рассмотрены различные подходы к оценке энергозатрат при физической активности. В подробностях был рассмотрен процесс формирования оценки энергозатрат при физической активности на основе показаний, полученных от носимых акселерометров.

В рамках данного исследования были рассмотрены работы, изучающие применимость датчиков разных типов на пригодность в прогнозировании расхода энергии. Преимущественно рассматриваемые в настоящей работе акселерометры были признаны в качестве не самого точного, однако подходящего источника для получения подобной информации. Интерес к исследованию прогнозирования на основе именно данных с акселерометров, даже невзирая на их не абсолютную точность, объясняется их широкой распространенностью и универсальностью.

Также в данной работе были рассмотрены исследования, оценивающие пригодность различных моделей для получения оценки уровня расхода энергии при физической активности на основе акселерометров. Наибольший интерес по итогам анализа представляют модели, основанные на рекуррентных нейронных сетях.

Актуальность темы исследования подтверждается популярностью данной темы в работах других исследователей.

Закономерным развитием настоящей работы может являться реализация фитнес-приложения для смартфона с использованием полученных теоретических разработок.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

### *Научные статьи*

1-А Байчик, С. А. Оптимизация обработки Big Data с помощью графических процессоров / С. А. Байчик, С. Н. Нестеренков, И. С. Тарасюк // BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции, Минск, 17–18 мая 2023 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2023. – С. 44-49.

2-А Гергенсон, М. А. Использование технологии Big Data при построении системы управления мобильным роботом / М. А. Гергенсон, С. Н. Нестеренков, И. С. Тарасюк // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции, Минск, 17–18 мая 2023 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2023. – С. 287-291.