

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра информатики и компьютерных систем

Аннотация к дипломной работе

**«Исследование эффективности методов цифровой обработки сигналов при
решении прикладных задач»**

Король Данила Денисович

Научный руководитель — доцент Стецко И. П.

Минск, 2025

РЕФЕРАТ

Дипломная работа 70 страницы, 13 рисунков, 4 таблица, 40 использованных источников, 3 приложения.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ, СПИРОМЕТРИЯ, ARDUINO, ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ, АКСЕЛЕРОМЕТР, ПОДСЧЁТ ШАГОВ, КАЛИБРОВКА, АДАПТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ, ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ

Цель работы – исследование и оценка эффективности различных методов цифровой обработки сигналов в прикладных задачах.

Объектом исследования являются методы цифровой обработки сигналов (ЦОС), используемые для анализа, фильтрации и преобразования сигналов в различных прикладных задачах.

Предмет исследования – эффективность различных методов ЦОС при решении конкретных практических задач, включая их вычислительную сложность, устойчивость к шумам и применимость в реальных условиях.

Проанализированы методы цифровой обработки сигналов для повышения точности спирометрических измерений. Показана целесообразность использования для решения этой задачи высокоточных датчиков давления Honeywell HSCDRRN001ND2A3 и микроконтроллерной платформы Arduino Pro Mini. Исследованы характеристики дыхательных сигналов и создан лабораторный макет портативного спирометра. Проведен численный анализ методов обработки сигналов, поступающих с датчика давления, и экспериментально исследованы основные метрологические характеристики разработанного устройства. Показано, что использование адаптивного алгоритма определения коэффициента расхода повышает точность измерений при различных режимах дыхания и компенсирует нелинейность характеристик датчика давления. Погрешность измерения объема составляет менее 3%, что соответствует требованиям международных стандартов для спирометрических систем.

В третьей главе рассмотрены методы цифровой обработки сигналов для данных, получаемых от акселерометра, с целью реализации алгоритмов подсчёта шагов. Проанализированы характеристики сигналов при ходьбе, исследованы подходы к предварительной фильтрации, включая устранение шумов и объединение данных по осям. Реализованы алгоритмы обнаружения шагов на основе анализа пиков, вейвлет-преобразования и спектральных методов. Проведена реализация в среде MATLAB, сравнение точности различных подходов и оптимизация по критериям эффективности, что позволило оценить применимость каждого метода для задач мониторинга физической активности.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа 70 стар., 13 мал., 4 табл., 40 кр., 3 дад.

ЛІЧБОВАЯ АПРАЦОЎКА СІГНАЛАЎ, СПІРАМЕТРЫЯ, ARDUINO, ДАТЧЫКІ ЦІСКУ, АКСЕЛЕРАМЕТР, ПАДЛІК КРОКАЎ, КАЛІБРОЎКА, АДАПТЫЎНЫЯ АЛГАРЫТМЫ, ДЫХАЛЬНЫЯ ПАРАМЕТРЫ, ДЫЯМЕТРЫ

Мэта працы — даследаванне і ацэнка эфектыўнасці розных метадаў лічбавай апрацоўкі сігналаў у прыкладных задачах.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца метады лічбавай апрацоўкі сігналаў (ЦОС), якія выкарыстоўваюцца для аналізу, фільтрацыі і пераўтварэнні сігналаў у розных прыкладных задачах.

Прадмет даследавання — эфектыўнасць розных метадаў ЦОС пры рашэнні пэўных практычных задач, уключаючы іх вылічальную складанасць, устойлівасць да шумоў і дастасавальнасць у рэальных умовах.

Прааналізаваны метады лічбавай апрацоўкі сігналаў для павышэння дакладнасці спіраметрычных вымярэнняў. Паказана мэтазгоднасць выкарыстання для рашэння гэтай задачы высокадакладных датчыкаў ціску Honeywell HSCDRRN001ND2A3 і мікракантролернай платформы Arduino Pro Mini. Даследаваны характарыстыкі дыхальных сігналаў і створаны лабараторны макет партатыўнага спіраметрыя. Праведзены лікавы аналіз метадаў апрацоўкі сігналаў, якія паступаюць з датчыка ціску, і эксперыментальна даследаваны асноўныя метралагічныя характарыстыкі распрацаванай прылады. Паказана, што выкарыстанне адаптыўнага алгарытму вызначэння каэфіцыента выдатку павялічвае дакладнасць вымярэнняў пры розных рэжымах дыхання і кампенсуе нелінейнасць характарыстак датчыка ціску. Пахібнасць вымярэння аб'ёму складае менш за 3%, што адпавядае патрабаванням міжнародных стандартаў для спіраметрычных сістэм.

У трэцім разьдзеле разгледжаны метады лічбавай апрацоўкі сігналаў для дадзеных, якія атрымліваюцца ад акселерометра, з мэтай рэалізацыі алгоритмов падліку крокаў. Прааналізаваны характарыстыкі сігналаў пры хадзе, даследаваны падыходы да папярэдняй фільтрацыі, уключаючы ліквідацыю шумоў і аб'яднанне дадзеных па восях. Рэалізаваны алгарытмы выяўлення крокаў на аснове аналізу пікаў, вейвлет-пераўтварэнні і спектральных метадаў. Праведзена рэалізацыя ў асяроддзі MATLAB і параўнанне дакладнасці розных падыходаў і аптымізацыя па крытэрах эфектыўнасці, што дазволіла ацаніць дастасавальнасць кожнага метаду для задач маніторынгу фізічнай актыўнасці.

ABSTRACT

Thesis 70 pages, 13 figures, 4 tables, 40 references, 3 appendices.

DIGITAL SIGNAL PROCESSING, SPIROMETRY, ARDUINO, PRESSURE SENSORS, ACCELEROMETER, STEP COUNTING, CALIBRATION, ADAPTIVE ALGORITHMS, RESPIRATORY PARAMETERS, METROLOGICAL ACCURACY

The purpose of this work is to study and evaluate the effectiveness of various methods of digital signal processing in applied tasks.

The object of the study is digital signal processing (DSP) methods used for analyzing, filtering, and converting signals in various applied tasks.

The subject of the study is the effectiveness of various DSP methods in solving specific practical tasks, including their computational complexity, noise immunity, and applicability in real-world conditions.

Digital signal processing methods for improving the accuracy of spirometric measurements are analyzed. The feasibility of using high-precision Honeywell HSCDRRN001ND2A3 pressure sensors and the Arduino Pro Mini microcontroller platform to solve this problem is demonstrated. The characteristics of respiratory signals are investigated and a laboratory model of a portable spirometer is created. A numerical analysis of methods for processing signals from the pressure sensor is performed, and the main metrological characteristics of the developed device are experimentally investigated. It was shown that the use of an adaptive algorithm for determining the flow coefficient increases the accuracy of measurements in various breathing modes and compensates for the nonlinearity of the pressure sensor characteristics. The volume measurement error is less than 3%, which meets the requirements of international standards for spirometric systems.

The third chapter discusses digital signal processing methods for data received from the accelerometer in order to implement algorithms for counting steps. The characteristics of walking signals are analyzed, and approaches to pre-filtering are investigated, including noise reduction and data integration along axes. Algorithms for step detection based on peak analysis, wavelet transform, and spectral methods are implemented. The implementation in the MATLAB environment, the comparison of the accuracy of various approaches and optimization according to the criteria of effectiveness were carried out, which made it possible to evaluate the applicability of each method to the tasks of monitoring physical activity.