

ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТРЕМОРА

Т.С. Боброва, М.В. Давыдов

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск

PORTABLE DEVICE FOR QUANTITATIVE TREMOR PARAMETERS

T.S. Babrova, M.V. Davydov

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk

Аннотация. Представлено разработанное портативное устройство для обнаружения тремора рук из нескольких акселерометрических датчиков, интегрированных на плате Arduino с микроконтроллером ATmega32u4. Также предложен вариант использования данного портативного устройства в составе аппаратно-программного комплекса для оценки параметров тремора при ранней диагностике и лечении заболеваний центральной нервной системы.

Ключевые слова: тремор, диагностика тремора, акселерометрический датчик, портативное устройство, аппаратно-программный комплекс.

Для цитирования: Боброва, Т.С. Портативное устройство для количественной оценки параметров тремора / Т.С. Боброва, М.В. Давыдов // Проблемы физики, математики и техники. – 2023. – № 3 (56). – С. 56–59. – DOI: https://doi.org/10.54341/20778708_2023_3_56_56. – EDN: MXDOUE

Abstract. The paper presents a developed portable device for detecting hand tremors from several accelerometer sensors integrated on an Arduino board with an ATmega32u4 microcontroller. A variant of using this portable device as part of a hardware-software complex for assessing tremor parameters in the early diagnosis and treatment of diseases of the central nervous system is also proposed.

Keywords: tremor, tremor diagnostics, accelerometer sensor, portable device, hardware and software complex.

For citation: Babrova, T.S. Portable device for quantitative tremor parameters / T.S. Babrova, M.V. Davydov // Problems of Physics, Mathematics and Technics. – 2023. – № 3 (56). – P. 56–59. – DOI: https://doi.org/10.54341/20778708_2023_3_56_56 (in Russian). – EDN: MXDOUE

Введение

Феномен глобального старения увеличил число людей с возрастными неврологическими расстройствами, включая болезнь Паркинсона и эссенциальный тремор. Патологический тремор, который считается одним из наиболее частых двигательных симптомов таких расстройств, может серьезно повлиять на независимость и качество жизни пациентов.

Для дифференциальной диагностики патологического тремора, разработки передовых реабилитационных и вспомогательных технологий необходимы значительные по объему наборы данных, методы оценки количественных параметров тремора, обладающие достаточной точностью, обобщающие методы моделирования, которые позволят спрогнозировать спектрально-временные характеристики патологического тремора при различных неврологических заболеваниях и заболеваниях центральной нервной системы.

На сегодняшний день существуют различные технологии, которые позволяют количественно оценить тремор и поставить предположительный диагноз. Например, были произведены

многократные попытки различить разные типы тремора с использованием умных часов. Также проводились эксперименты по оценке возможности использования смартфона для регистрации и оценки количественных параметров тремора. Обе упомянутые выше методики требуют более длительного времени тестирования и более дорогого оборудования по сравнению с используемым акселерометром MPU6050.

Для контроля двигательных симптомов и клинической оценки эффективности лекарств врачи и пациенты все чаще используют постоянно носимые портативные устройства (миографы и акселерометры), которые для удобства пациента выполняются в виде колец, браслетов, умных часов и перчаток.

Следовательно, возникает потребность в создании безболезненного, доступного, быстрого, удобного и эффективного устройства, которое может определять частоты и амплитуды тремора на основе различных параметров полученного сигнала для лучшей диагностической оценки. Целью исследования является создание устройства диагностики тремора с использованием

акселерометра, платы Arduino и пакета прикладных программ MATLAB для обработки и анализа полученных данных.

1 Теоретический анализ

Тремор (от лат. Tremor – дрожание) – дрожательный гиперкинез, часто встречающееся двигательное расстройство, представляющее собой ритмичные непроизвольные колебания какой-либо части тела. Наиболее часто дрожание отмечается при болезни Паркинсона, эссенциальном треморе (болезнь Минора), психогенном треморе и др.

Различают физиологический и патологический тремор. Патологический тремор рук является частым моторным симптомом некоторых возрастных неврологических двигательных нарушений и описывается как непроизвольные и псевдоритмические движения, влияющие на координацию, точность и скорость предполагаемых движений. В отличие от физиологического тремора, который определяется низкоамплитудными вибрациями в спектральном диапазоне от 8 до 12 Гц, патологический тремор представляет собой движение с более высокой амплитудой, происходящее в более широком диапазоне частот 3–8 Гц и включает следующие виды тремора: тремор покоя (3–6 Гц), возникающий, когда конечность расслаблена и на что-нибудь опирается (обычно наблюдается при БП); тремор действия, возникающий во время произвольного сокращения мышц; интенционный тремор, возникающий при нарушении функции мозжечка (например, вследствие инсульта, травмы, или при рассеянном склерозе).

Тремор действия также имеет несколько видов: постуральный, кинетический и изометрический. Постуральный и кинетический тремор обычно наблюдается у пациентов с ЭТ. Постуральный тремор (5–8 Гц) наиболее максимален, когда конечность удерживается в фиксированном положении против действия силы тяжести (например, при вытянутых руках), кинетический тремор возникает в заключительной части произвольного движения небольшой амплитуды. Подвидом кинетического тремора является интенционный тремор (3–10 Гц), возникающий при целенаправленном движении, его амплитуда высокая, а частота низкая в течение всего движения, но после достижения цели тремор усиливается (например, при пальценосовой пробе). Изометрический тремор действия возникает во время сокращения мышц против жесткого неподвижного объекта, например, при захвате твердого объекта, который блокирует движение конечности и изменяет длину мышц [1].

Проблема анализа патологического тремора заключается в разнообразии его видов, субъективной окраске, а также отсутствии значительных объемов экспериментальных данных и общих методов анализа, которые могли бы в

полной мере предоставить спектрально-временные характеристики сигнала движения конечности.

Стандартный неврологический осмотр позволяет лишь дать описательные характеристики тремора (дрожания): данные о его локализации (голова, рука или нога), степени выраженности (низкая, средняя или высокая), отношении к силе притяжения (покой или постуральный). Инструментальные методы позволяют оценить такие параметры тремора как частота и амплитуда, мощность и т. д.

Для инструментальной диагностики тремора используются следующие методы:

- электромиография (регистрируются электрические потенциалы, генерируемые мышечными волокнами в процессе сокращения);
- акселерометрия (измеряется ускорение движения конечностей);
- гироскопия (измеряются угловые скорости движения конечностей);
- видеорегистрация;
- тензометрия (регистрируется непосредственный тактильный контакт с тензометрическим датчиком) и другие [2].

Акселерометрический метод относится к кинематическим методам, основной чертой которых является непосредственная регистрация колебательных движений с помощью миниатюрных сенсоров (датчиков). Суть метода заключается в измерении ускорения (проекции ускорения) вдоль осей чувствительности x , y и z датчика. Тогда величина общего ускорения рассчитывается по формуле

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}, \quad (1.1)$$

где a_x , a_y , a_z – значения проекций ускорения по трем осям x , y , z соответственно.

Данный метод является простым в использовании, недорогим и информативным для диагностики патологического тремора, а также создания систем диагностики на его основе. Однако недостатком акселерометрического метода является сложность выделения составляющей тремора из общего сигнала движения. Поэтому для более точной диагностики возможно комбинированное использование нескольких методов, например, электромиография и акселерометрия.

2 Разработка прототипа портативного устройства

Разработанный прототип портативного устройства для оценки параметров тремора состоит из стандартных акселерометрических датчиков, интегрированных на плате Arduino с микроконтроллером ATmega32u4, имеющим встроенную поддержку USB. В качестве акселерометрического датчика используется модуль GY-521, состоящий из 3-осевого гироскопа и 3-осевого акселерометра. Совместное использование

акселерометра и гироскопа позволяет определить движение тела в трехмерном пространстве.

Принцип работы портативного устройства заключается в следующем. Портативное устройство на основе микроконтроллера получает данные с датчиков (значения проекций ускорения по трем осям a_x , a_y и a_z) и сохраняет их на карту памяти в виде текстового файла с расширением txt посредством подключенного к плате Arduino SD модуля. Для обработки данных в реальном времени портативное устройство подключается к персональному компьютеру с помощью кабеля USB. В качестве элемента питания используется аккумуляторная батарея.

Программное обеспечение для портативного устройства создано в Arduino IDE, которое с помощью несколько библиотек реализует алгоритмы для чтения и обработки данных с датчика.

Программное обеспечение, с помощью которого проводится количественная оценка параметров сигнала тремора, реализовано при помощи пакета прикладных программ MATLAB. Предварительная обработка полученных данных включает фильтрацию, так как полезный сигнал является низкочастотным (чаще всего 3–12 Гц, в зависимости от вида тремора), также необходимо убрать шумы и наводки. Затем проводится частотно-временной анализ на основании быстрого преобразования Фурье, в результате которого вычисляется амплитуда и частота, строится амплитудный спектр сигнала.

На схеме (рисунок 2.1) представлен аппаратно-программный комплекс для исследования параметров тремора, который включает в себя разработанное портативное устройство, несколько акселерометрических датчиков, а также программный комплекс для обработки, анализа полученных данных с визуализацией результатов на базе персонального компьютера.

Наличие автономного режима работы у портативного устройства позволяет проводить

мониторинг движения конечностей при ведении пациентом обычного образа жизни, что является важным для диагностики заболеваний центральной нервной системы на ранних стадиях, когда тремор слабо выражен или появляется время от времени.

Длительная регистрация помогает решить проблему получения типичных фрагментов (паттернов) анализируемого тремора. Такой режим позволит выявить и эссенциальный тремор, который появляется при движении конечностей. При этом могут фиксироваться: частота появления тремора (пропорция времени, в течение которого регистрируется ритмическая активность внутри определенного периода), средняя мощность и частота тремора в пределах конкретного временного интервала и т. д.

3 Методики исследования и полученные результаты

Для проведения экспериментальной апробации разработанного прототипа портативного устройства для оценки параметров тремора использовался стандартный протокол записи треморограмм [1]. Длительность записи каждой пробы составила 20 секунд. Данные с акселерометрических датчиков считывались с частотой дискретизации 62 Гц.

После записи треморограмм с помощью прототипа портативного устройства полученные данные были обработаны с помощью пакета прикладных программ MATLAB 2020 (вычислены амплитудно-частотные параметры тремора, а также построены спектрограммы и рассчитана спектральная мощность сигнала). Для преобразования временного сигнала в отдельные спектральные компоненты использовалось быстрое преобразование Фурье (БПФ).

Результаты проводимого анализа треморограмм представлены на рисунке 3.1.

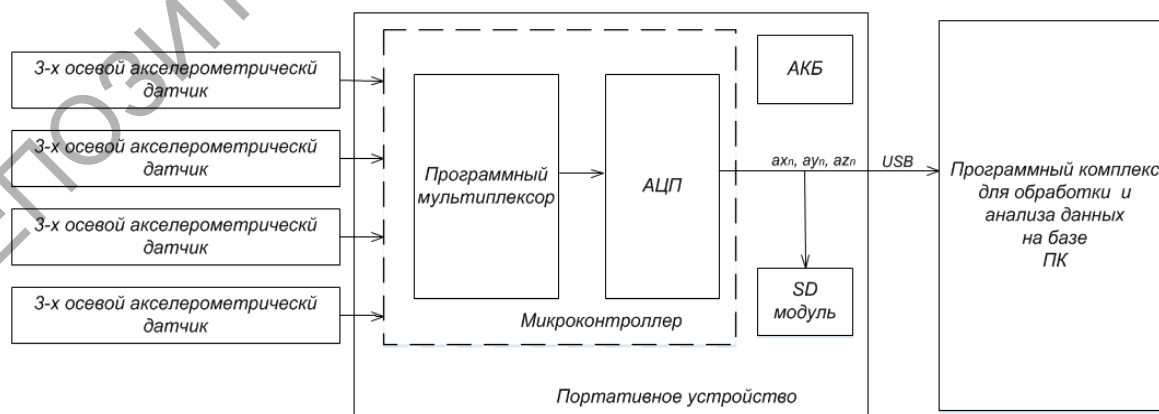


Рисунок 2.1 – Схема аппаратно-программного комплекса для количественной оценки параметров тремора

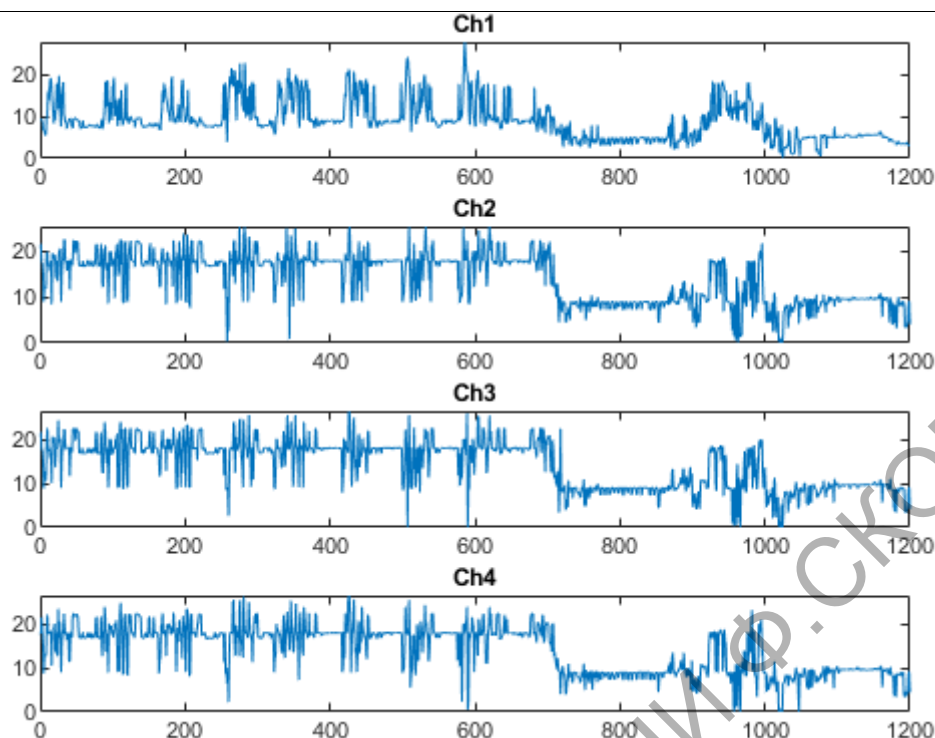


Рисунок 3.1 – Графики значения ускорения по каналам

Заключение

В ходе исследования проведен анализ существующих технических устройств и методов их использования для количественной оценки параметров тремора. Определено, что широкое распространение имеет акселерометрический метод, который в свою очередь является недорогим и достаточно информативным. Разработано портативное многоканальное устройство, реализующее данный метод. Проведенные эксперименты доказали возможность применения данного устройства для регистрации тремора, в том числе и в составе аппаратно-программного комплекса для его дальнейшей количественной оценки.

Некоторые результаты доложены на международных научно-практических конференциях [3], [4].

Перспективой развития данного аппаратно-программного комплекса является создание программного обеспечения, реализующего нейронную сеть для дифференциальной диагностики различных видов патологического тремора при заболеваниях центральной нервной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Говорова, Т.Г.* Треморграфия в клинической практике / Т.Г. Говорова, Т.Е. Попова, А.А. Таппахов // *Нервно-мышечные болезни.* – 2019. – № 9 (4). – С. 61–72.
2. *Иванова-Смоленская, И.А.* Современные инструментальные методы регистрации тремора / И.А. Иванова-Смоленская, А.В. Карabanов,

А.В. Червяков // *Новые технологии.* – 2011. – № 2. – С. 17–23.

3. *Боброва, Т.С.* Использование моделей рекуррентных нейронных сетей для анализа патологического тремора / Т.С. Боброва, В.И. Ярмолик, Е.В. Протченко // *Информационные технологии и системы 2022: материалы Международной научной конференции, Минск, 23 ноября 2022.* – Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск: БГУИР, 2022. – С. 131–132.

4. *Боброва, Т.С.* Устройство для оценки параметров патологического тремора при заболеваниях центральной нервной системы / Т.С. Боброва, М.В. Давыдов, С.А. Корневский // *Мед-электроника – 2022. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: сборник научных статей XIII Международной научно-технической конференции, Минск, 8-9 декабря 2022 г.* – Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск: БГУИР, 2022. – С. 199–202.

Поступила в редакцию 14.07.2023.

Информация об авторах

Боброва Татьяна Сергеевна – ст. преподаватель
Давыдов Максим Викторович – к.т.н., доцент