

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА У ДЕТЕЙ И ВЗРОСЛЫХ

Глушаченко Н.С.¹, Деменковец Д.В.¹

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники¹
г. Минск, Республика Беларусь*

*Учреждение здравоохранения «6-я городская клиническая больница»²
г. Минск, Республика Беларусь*

Аносов В.С.² – канд. мед. наук

Аннотация. В данной работе рассматривается программная реализация средства для сбора и анализа данных при диагностике нарушений опорно-двигательного аппарата у детей и взрослых.

Ключевые слова. Нарушения опорно-двигательного аппарата, диагностика пациентов, нарушения вестибулярного аппарата, стабилметрия, стабилграмма, балансировочный диск, диагностический модуль.

Нарушения опорно-двигательного аппарата у детей являются актуальной проблемой. По данным ВОЗ примерно 1,71 миллиарда человек в мире страдают от нарушений и болезней опорно-двигательного аппарата [1]. Подобные нарушения являются ведущим фактором инвалидизации во всем мире и приводят к преждевременному прекращению трудовой деятельности, снижению уровня благосостояния и сокращению возможностей для участия в жизни общества. Из-за роста численности и старения населения быстро увеличивается число людей с нарушениями и болезнями костно-мышечной системы человека.

Одним из видов исследований нарушений вестибулярного аппарата является стабилметрия. При проведении исследования пациенту необходимо соблюдать равновесие настолько, насколько это для него возможно. Получаемые оборудованием сигналы фиксируются компьютером, а затем, с помощью специальной программы, осуществляется обработка полученных данных. Исследования характеристик позы человека проводятся с различными целями, в различных областях, не только в медицине, но и в спорте. Стабилметрия позволяет оценить устойчивость, то есть способность тела, равновесие которого нарушено, восстанавливать свое первоначальное состояние. При этом исследование проводится как с открытыми, так и с закрытыми глазами [2].

Платформа для сбора данных представляет собой балансировочный диск с установленной на него электронной схемой. Использование нестабильной платформы при организации стабилметрического исследования заставляет испытуемого балансировать в попытках удержать равновесие, выполняя различные упражнения.

Для получения данных был разработан аппаратный комплекс, содержащий коммуникационный модуль с встроенным программным обеспечением, акселерометр для вычисления углов наклона диска, аккумуляторы для автономной работы, модуль для зарядки аккумуляторов, сетевой роутер Wi-Fi для работы комплекса в локальной сети.

Встраиваемая система представляет собой блок, интегрируемый в балансировочный диск. При этом размер и форма балансировочного диска не имеют значения, что делает данный блок портативным. При реализации учитывались требования к автономности, возможности передачи данных по локальной сети и удобству настройки системы.

На ранних этапах развития стабилметрии частота дискретизации при сборе данных составляла 5 Гц [3]. В первую очередь ограничения были связаны с недостатком памяти для хранения результатов исследований. Современные исследования показывают, что оптимальной частотой дискретизации является 100 Гц, однако частота может быть снижена до 50 Гц в случаях, когда не удается передать или сохранить тот объем данных, получаемый при частоте 100 Гц. [4].

Длительность исследования может продолжаться от нескольких десятков секунд до нескольких минут с учетом времени адаптации испытуемого. Регламент исследования предполагает длительность записи 51,2 секунды при частоте дискретизации 5 Гц [3]. Современные исследования показывают, что оптимальное время можно сократить до 40 секунд при частоте дискретизации 100 Гц [4].

Сравнение качества параметров при различной частоте дискретизации и времени исследования приведено на рисунке 1. В рамках исследований проведено сравнение качества таких параметров, как площадь эллипса, средняя скорость, площадь пути, среднеквадратические отклонения по осям ОХ и ОУ, время нахождения в заданной области, путь.

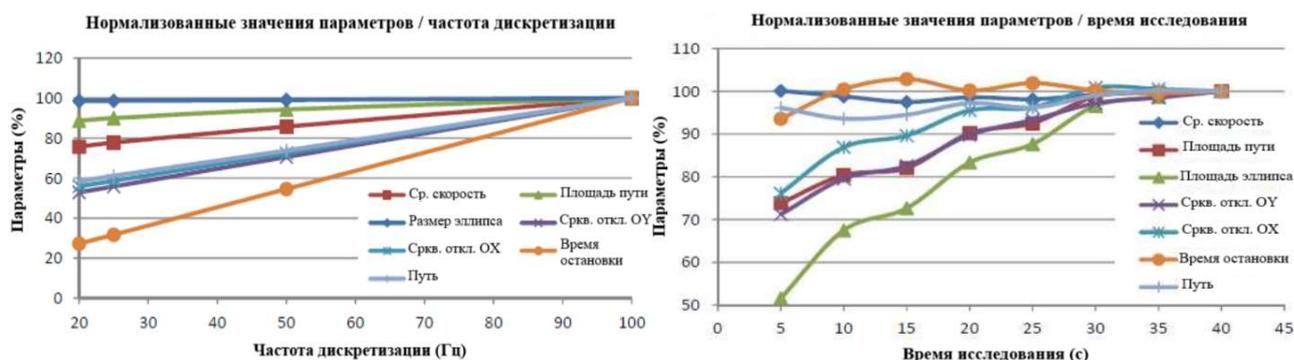


Рисунок 2 – Сравнение параметров при изменении частоты дискретизации и времени исследования

При использовании комплекса было зафиксировано смещение акселерометра относительно положения равновесия балансирующей платформы, что приводило к искажению результатов исследования. Положение испытуемого смещалось относительно центра. Также возникла необходимость реализации возможности изменения максимальных углов наклона акселерометра. Для решения этих проблем был разработан алгоритм калибровки. Калибровка балансирующей платформы включает в себя изменение максимальных углов наклона по осям ОХ и ОУ, а также центрирование.

Разработанное программное средство представляет собой приложение, совмещающее средство учета пациентов, хранения и записи результатов исследований. Приложение разрабатывалось для персональных компьютеров с операционной системой Windows на языке программирования С#. В качестве СУБД была выбрана sqlite, что позволяет реализовать локальное хранение информации и не требует использования отдельного сервера. В качестве формата для экспорта результатов исследования были выбраны таблицы Microsoft Excel и формат .xlsx.

Приложение позволяет настраивать частоту дискретизации исследования в диапазоне от 10 до 100 Гц. Необходимо учитывать, что частота дискретизации зависит в том числе от пропускной способности локальной сети, так как увеличение частоты дискретизации при низкой пропускной способности приведет к дублированию данных и ухудшению их достоверности.

Также при разработке учитывалось требование организации биологической обратной связи при проведении лечебно-реабилитационных мероприятий. Сбор информации представлен игровым режимом, где испытуемому необходимо разместить игрового персонажа в заданной области экрана (мишени) и удерживать положение в ней фиксированное количество времени. Чем ближе испытуемый находится к центру требуемой области, тем быстрее заполняется мишень. Прогресс игры представлен очками, которые набирает испытуемый при нахождении в требуемой области. Размер и время отображения мишени можно изменять в окне настроек.

Алгоритм соединения с аппаратным комплексом представлен на рисунке 2 и состоит из следующих шагов:

- 1 Пользователь включает аппаратный комплекс. При включении создается точка доступа.
- 2 Выполняется подключение к точке доступа и выбирается локальная сеть, в которой будет выполняться передача данных.
- 3 Выполняется «рукопожатие», которое включает в себя отправку 1 байта данных от коммуникационного модуля на компьютер и обратная отправка этих данных обратно коммуникационному модулю.
- 4 Аппаратный комплекс начинает передачу данных до разрыва соединения.

Сбор данных представляет собой запись углов наклона балансирующего диска в ходе исследования. При этом обеспечивается обработка разрыва соединения и досрочного прекращения сбора данных. В ходе сбора данных координаты группируются по мишеням. По окончании передачи данных собранные координаты и рассчитанные параметры сохраняются в базу данных, что позволяет выполнить воспроизведение записи, а также генерацию отчета о проведенном исследовании.

Координаты представлены углами наклона балансирующего диска, что позволяет использовать приложение при любых разрешениях экрана. При получении координат отдельный программный модуль выполняет их преобразование в координаты окна. Соединение координатных точек позволяет вычислить пройденное расстояние и среднюю скорость. Поскольку показатель средней скорости зависит от пройденного расстояния, его информативность не выше, чем у длины пути [5]. Важное различие заключается в том, что параметр скорости позволяет сравнивать исследования разной длительности. Для оценки рассеивания точек используется среднеквадратичное отклонение по осям ОХ и ОУ.

Для переносимости собранных данных был реализован отдельный модуль. Экспортируемый файл содержит сгруппированные по мишеням координаты, продолжительность исследования, угловую скорость, среднее смещение пациента, среднеквадратическое отклонение по осям OX и OY.

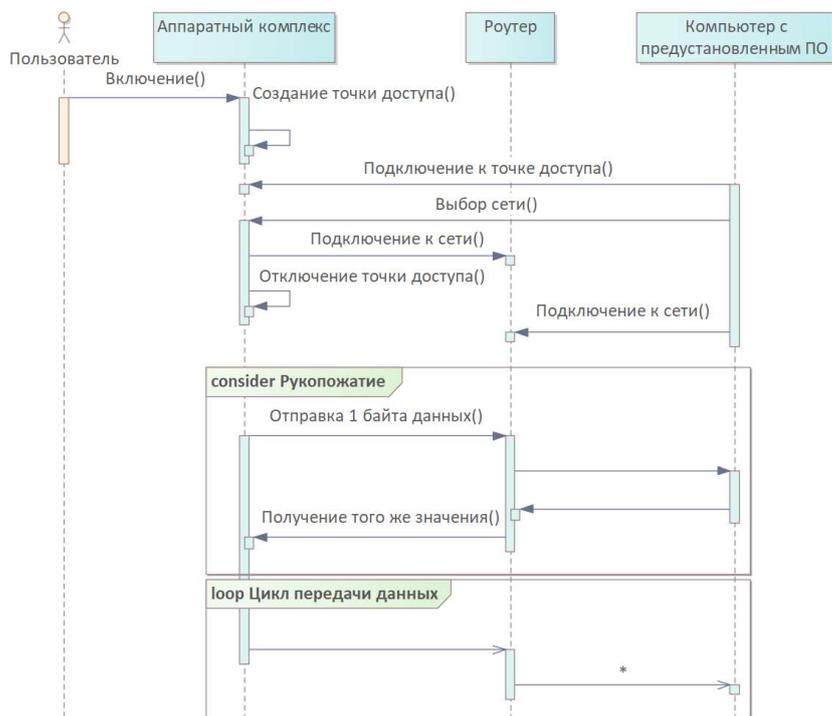


Рисунок 3 – Схема взаимодействия аппаратного комплекса с программным средством

При отображении данные группируются по мишеням. Для каждой мишени реализовано построение диаграммы интенсивности, показывающей, в какую сторону чаще всего отклоняется испытуемый относительно центра мишени. Результат построения диаграмм интенсивности изображен на рисунке 3.

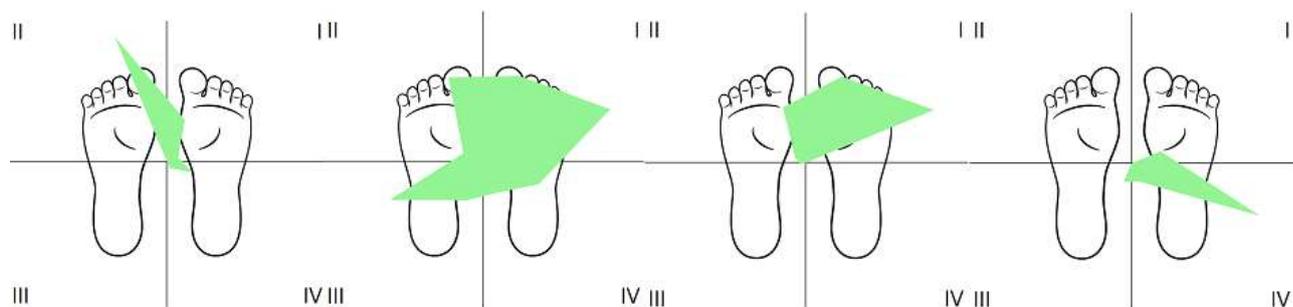


Рисунок 4 – Примеры построенных диаграмм интенсивности

Таким образом, на основании проведенной работы было создано программное средство, позволяющее визуализировать численные данные, получаемые от коммуникационного модуля. Были выбраны требуемые для диагностики числовые характеристики, реализованы алгоритмы их расчета и графического представления, проведен анализ характеристик интенсивности. Эти данные могут в дальнейшем быть использованы при оценке нарушений опорно-двигательного аппарата и вестибулярной системы врачами-ортопедами и травматологами.

Список использованных источников:

1. Musculoskeletal health [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions> – Дата доступа: 10.02.2025.
2. Гаже П.-М., Вебер Б., Постурология. Регуляция и нарушения положения тела человека. – 2008. – С. 113-139.
3. Gagey P. M. et al. AFP // Normes. – 1985. – Т. 85.
4. Scoppa F. et al. Clinical stabilometry standardization: basic definitions–acquisition interval–sampling frequency // Gait & posture. – 2013. – Т. 37. – №. 2. – С. 290-292.
5. Биологическая обратная связь с визуальным каналами стабилометрией : учеб.-метод. пособие / М.Г. Девялтовская, А.В. Платонов, Д.А. Козловский. – Минск : БелМАПО, 2021. – 23 с.

SOFTWARE FOR DIAGNOSING MUSCULOSKELETAL DISORDERS OF CHILDREN AND ADULTS

Glushachenko N.S., Demenkovets D.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics¹, Minsk, Republic of Belarus

Healthcare institution «6th city clinical hospital»², Minsk, Republic of Belarus

Anosov V.S.² – PhD in medicine

Annotation. This paper describes the software application of a tool for collecting and analyzing data in the diagnosis of musculoskeletal disorders of children and adults.

Keywords. Musculoskeletal disorders, patient diagnosis, vestibular disorders, stabilometry, stabilogram, balance disk, diagnostic module.