

# Проектирование кроссплатформенного Web-приложения для анализа кинематического портрета человека

А. К. Чикин<sup>1</sup>, А. В. Царёва<sup>2</sup>, В. Породько<sup>3</sup>

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

<sup>1</sup>chikin.andrey99@yandex.ru, <sup>2</sup>avtsareva@etu.ru, <sup>3</sup>porodkovadim@yandex.ru

**Аннотация.** В данной работе рассматривается система регистрации и контроля движения кинематического портрета человека, регистрирующая положение человека в пространстве. Измерительная информация, полученная с измерительных модулей, записывается в базу данных для дальнейшего анализа кинематического портрета человека. В рамках работы реализовано Web-приложение с эргономичным графическим интерфейсом, предоставляющим наглядное отображение измерительных данных. Помимо этого, реализована возможность интеграции данного приложения со сторонним программным обеспечением.

**Ключевые слова:** программное обеспечение; База данных; микроконтроллер; массив данных; обработка измерительной информации; кинематический портрет человека

## I. ВВЕДЕНИЕ

Одной из самых перспективных технологий в области реабилитации пациентов с отклонениями в работе опорно-двигательного аппарата на сегодняшний день является регистрация и анализ кинематических параметров перемещения человека в пространстве [1–5]. Применение данной технологии позволяет контролировать процесс восстановления пациента. Так, во время реабилитации при отсутствии положительной динамики в значениях каких-либо параметров кинематики, которые были спрогнозированы на несколько временных периодов вперед, специалист, курирующий данного пациента, имеет возможность скорректировать или вовсе изменить план лечения, не дожидаясь получения результатов измерения на практике. Используемая в экспериментах ИИС позволяет фиксировать различные параметры кинематики движений, обрабатывать их и передавать на сервер по быстрому беспроводному соединению. Вся обработанная информация структурирована в формате таблиц БД и представляет собой базу «цифровых теней», доступ к которой предоставляется с любого ПК, подключенного к интернету. Для удобства представления результатов измерений, а также применения алгоритмов прогнозирования исследований, используется веб-сайт.

Измерительные модули мобильной ИИС состоят из устройств на базе микроэлектромеханических систем, которые обладают небольшими размерами и широким набором функциональных возможностей [6–7]. Для определения угловых скоростей в модулях применяются гироскопы, а для измерений линейных ускорений – акселерометры. Передача данных на сервер позволяет

проводить серверную обработку данных и предоставлять доступ к результатам всего лишь при наличии интернета на мобильном устройстве или ПК.

Целью работы является разработка пользовательского интерфейса системы оценки кинематического портрета человека с возможностью прогнозирования значений параметров кинематики движений. Совокупность изученных материалов позволяет реализовать сайт с функционалом узконаправленной CRM-системы и алгоритмами прогнозирования для контроля параметров кинематики в рамках прохождения реабилитации или лечения пациента в медицинских учреждениях из-за различных нарушений, связанных с функциональными сбоями опорно-двигательного аппарата.

## II. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

### A. Графический интерфейс

Разработка сервиса начинается с определения его логического наполнения и создания дерева сайта. Описываются все страницы проекта, их функциональные особенности и последовательность их отображения. Также прописываются условия перехода на страницы сервиса.

Структура сервиса представлена на рис. 1:

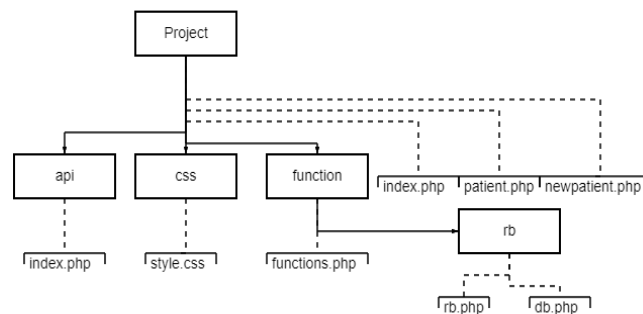


Рис. 1. Структура и иерархия сервиса

index.php – главная страница ресурса, на ней представлен список из всех пациентов, занесенных в БД, а так же есть возможность добавления, удаления и редактирования в виде кнопок.

newpatient.php – страница добавления нового пациента, пользователь переходит на нее при нажатии на кнопку «Новый пациент» на главной странице, либо при нажатии «Редактировать» напротив одного из пациентов. Основным элементом страницы является форма, заполняя, либо, изменяя которую, пользователь

может добавить нового пациента или отредактировать данный о текущем.

patient.php – страница просмотра карты пациента, здесь представлены все основные параметры пациента, проводимые измерения и графики полученных значений.

За информационное наполнение будет отвечать файл functions.php – являющийся библиотекой данного проекта. В свою очередь к functions.php подключен к файлу db.php – являющийся файлом, где прописаны данные, необходимые для подключения к базе данных в db.php подключена библиотека gb.php – ORM RedbeanPHP.

Отдельной директорией является api, файл index.php, находящийся в ней – файл обработчик API-запросов. Сами методы он берет из класса API в файле functions.php (класс API будет рассмотрен позже).

Последняя директория css – отвечает за графическое представление Интернет-страниц.

### В. Разработка структуры базы данных

БД должна содержать все полученные данные с измерительных модулей, причем помимо данных, непосредственно записывающихся с датчика (без предобработки), должны также содержаться и данные, обработанные сторонним устройством.

Одним из важных принципов является разделение «сырых» и обработанных данных. Это необходимо для того, чтобы при разработке новых алгоритмов была возможность извлекать только значения, полученные в результате измерений. Важную роль разделение данных играет и в оптимизации работы с базой данных. Правильно выстроенная структура БД позволяет без необходимости не подгружать «лишние» данные, тем самым уменьшая нагрузку на сервер.

Информация об измерениях должна быть привязана к конкретному пациенту, данные о котором также хранятся в БД.

Таким образом, структура БД должна удовлетворять следующим требованиям:

- возможность хранения персональных данных пациента;
- возможность сохранения данных об измерениях и привязка этих данных к конкретному пациенту;

- БД должна иметь возможность определить номер эксперимента, к которому принадлежат эти данные;
- данные, записанные непосредственно с датчика, должны быть разделены с данными, обработанными мобильным устройством;
- возможность отключения отдельных измерительных блоков в процессе эксперимента.

Разработанная структура БД представлена на рис. 2.

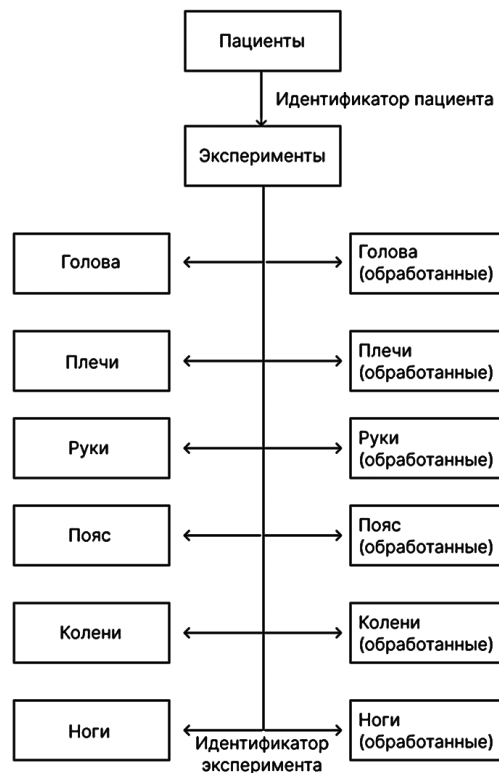


Рис. 2. Структура БД

Рассмотрим данные, получаемые с измерительных модулей для определения параметров кинематического портрета человека (КПЧ). В табл. 1 представлены диапазоны параметров, получаемых непосредственно с ИМ.

ТАБЛИЦА I. Диапазоны значений датчиков с ИМ

	Акселерометр			Геомагнитный датчик			Гироскоп		
	x, м/с <sup>2</sup>	y, м/с <sup>2</sup>	z, м/с <sup>2</sup>	x, мкТ	y, мкТ	z, мкТ	x, °/с	y, °/с	z, °/с
Голова	±4g	±4g	±4g	±1300	±1300	±2500	±500	±1000	±1000
Плечи	±4g	±4g	±4g	±1300	±1300	±2500	±500	±1000	±1000
Руки	±4g	±4g	±4g	±1300	±1300	±2500	±500	±1000	±1000
Пояс	±4g	±4g	±4g	±1300	±1300	±2500	±500	±1000	±1000
Колени	±4g	±4g	±4g	±1300	±1300	±2500	±500	±1000	±1000
Ноги	±4g	±4g	±4g	±1300	±1300	±2500	±500	±1000	±1000

Данные, полученные с конкретного измерительного модуля, преобразуются в необходимые характеристики, по которым можно определить отклонения в движениях человека от нормы. Рассмотрим данные, преобразуемые

из значений датчиков и их диапазон значений. Сам диапазон можно определить из значений нормы для здорового человека. Данные представлены в табл. 2.

ТАБЛИЦА II. Диапазоны значений обработанных данных

Наименование блока ИМ	Измеряемые параметры	Диапазон значений
Голова	Траектория	-*
Плечи	Изменение величины угла поворота	10°-180°
Руки	Траектория	-*
	Координация	-**
Пояс	Положение центра масс	±5 см
	Изменение величины угла поворота	±10°
Колени	Изменение величины угла поворота	°0-30°
Ноги	Темп	30-70 шаг/мин
	Ритм	0,5-1,2 с
	Амплитуда	0°-°30

\* – траектория определяет местоположение ИМ в пространстве в момент времени, поэтому нормированного диапазона значений не имеет.

\*\* – координация движений соответствует взаимному положения рук и ног в пространстве, нормированного диапазона не имеет, так как рассчитывается по специальному алгоритму.

Диапазон значений данных определен из значений норм, определенных у здорового человека. Однако он будет расширен, на основании того, что измерения будут проводиться у пациентов с отклонениями в движениях.

*С. Интеграция со сторонним программным обеспечением.API.*

API – интерфейс, позволяющий получать и отправлять информацию на удаленный сервер. Использование API позволяет беспрепятственно получить доступ к управлению базой данных на стороннем Интернет-ресурсе.

Для безопасного использования необходимо ввести некоторые проверки, блокирующие несанкционированный доступ к базе данных. Помимо защиты от XSS-атак и SQL-инъекций необходимо также использовать секретный ключ (Secret key). При отправке API-запроса необходимо так же передавать и сам секретный ключ. Со стороны сервера производится проверка на совпадение полученного ключа с исходным. Если ключи совпадают, то API-запрос выполняется, в противном – отклоняется.

API запрос реализуется посредством GET запроса на файл обработчик, лежащий в директории api.

Интеграция с БД посредством API позволяет осуществлять любые операции с данными (создание, удаление, редактирование, чтение). Для этого используется специальный класс API, содержащий методы для взаимодействия с БД.

При выполнении запроса, содержащего необходимый метод передаваемые параметры, к файлу-обработчику выполняется сравнение секретного ключа. При совпадении, выполняется метод класса API и передаваемые параметры в БД записываются, либо редактируются при выполнении операции записи. При запросе на чтение, файл-обработчик возвращает полученные записи в виде строки формата JSON.

III. ОПИСАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

A. Описание модулей измерительной системы

Измерительная система (ИС) представляет собой набор модулей, крепящихся на тело человека. Во время проведения эксперимента данные передаются беспроводным способом на стороннее устройство, обрабатывающее полученные данные для последующей передачи в БД на сервере. Пример измерительного модуля(ИМ) представлен на рис. 3.

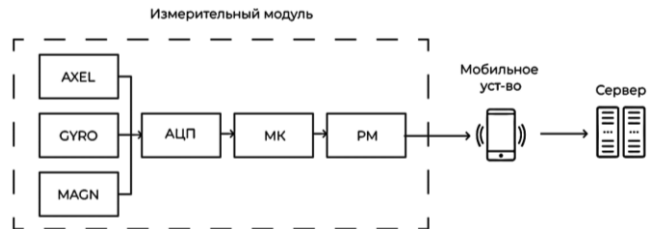


Рис. 3. Измерительный модуль регистрации и контроля движений

На рисунке 3 представлен измерительный модуль, который включает в себя AXEL-акселерометр, GYRO – гироскоп, MAGN – геомагнитный датчик. Данные у датчиков поступают в АЦП, где они оцифровываются и передаются в МК – микроконтроллер, который при помощи РМ- радиомодуля отправляет их на мобильное устройство для обработки. Полученные значения вместе с «сырыми» данными отправляются на удаленный сервер.

Для описания кинематического портрета с последующим созданием «цифровой тени» испытуемого необходимо использовать совокупность измерительных модулей, формирующих измерительную систему. Каждый блок модулей должен обрабатываться по отдельным специальным алгоритмам для получения необходимой информации.

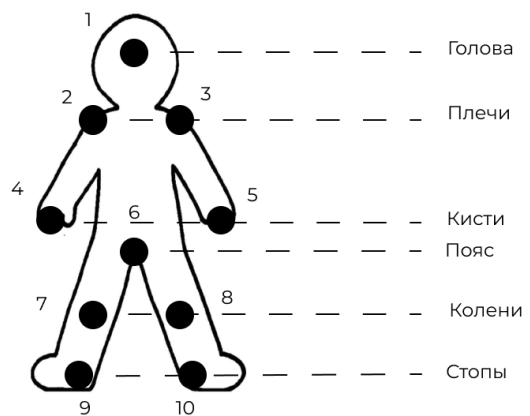


Рис. 4. Схема измерительной системы для измерения КПЧ

Для получения полной картины необходимо получить данные с определенных точек тела, поэтому измерительные модули фиксируются по схеме, показанной на рис. 4.

## Карточка пациента

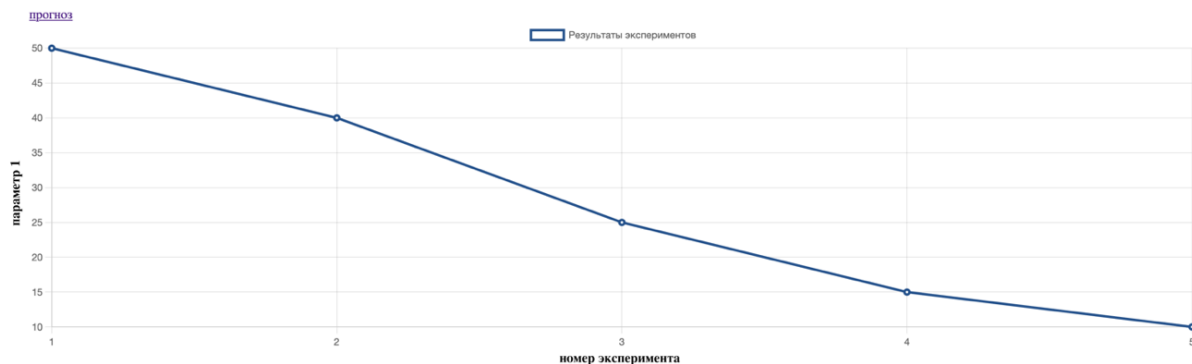
[все пациенты](#)

Породько Вадим Евгеньевич

Пол: муж      Дата рождения: 01.06.2000      Рост, см: 176      Вес, кг: 80      Диагноз: лишний вес      2022-12-12

[Параметр1](#) [Параметр2](#) [Параметр3](#) [Параметр4](#) [Параметр5](#) [Параметр6](#)

## График



Разметка страницы с графиком и информацией о пациенте

## IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам работы разработан веб-сервис, реализующий при помощи собственной библиотеки управление базой данных.

Сервис выполняет все необходимые требования: создание, добавление, редактирование, удаление информации о пациенте; запись данных эксперимента, хранение информации о предыдущих экспериментах. По результатам полученных данных со всех экспериментов строится статистика, позволяющая составить прогноз и определить тенденцию изменений в кинематическом портрете человека. Реализована интеграция системы со сторонним ПО посредством API.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Tsareva A.V., Ivanova T.S. and Alekseev V.V., "Applications of Discrete Wavelet Transformation for Analysis of Informative Signals of Person's Kinematic Portrait," 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Saint Petersburg and Moscow, Russia, 2019, pp. 713-715, doi: 10.1109/EIConRus.2019.8656898.
- [2] Tsareva A.V., Mikus O.A. and Kuk S.A., "Systems design for movement kinematics research. Determination of parameters for describing linear movements of the lower limbs," 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Moscow and St. Petersburg, Russia, 2018, pp. 1008-1010, doi: 10.1109/EIConRus.2018.8317259.
- [3] Alekseev V.V., Korolyov P.G., Olar V.O. and Tsareva A.V., "Systems design for movement kinematics research. Efficiency criteria," 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), St. Petersburg and Moscow, Russia, 2017, pp. 251-253, doi: 10.1109/EIConRus.2017.7910541.
- [4] Гостева Д.Р., Королев П.Г., Романцова Н.В., Минчев Н.В.. Точность датировки измерений линейного ускорения // Материалы Конференции молодых исследователей России в области электротехники и электроники IEEE 2018, EIConRus 2018, Санкт-Петербург и Москва, 29 января – 01 2018. Санкт-Петербург и Москва: Институт инженеров электротехники и электроники, 2018. С. 869-871. DOI 10.1109/EIConRus.2018.8317226.
- [5] Assessment of the Effectiveness of the System for Monitoring Movement Kinematics in Patients of Neurosurgical Profile with Functional Disorders of the Locomotor Apparatus / A.V. Tsareva, F.M. Sokolova, P.G. Korolev [et al.] // Modern Technologies in Medicine. 2019. Vol. 11, No. 3. P. 81-88. DOI 10.17691/stm2019.11.3.11.
- [6] Измерительная система для контроля параметров кинематического портрета человека. Ч. 1. Система контроля / В.В. Алексеев, Н.Е. Иванова, Ф.М. Соколова [и др.] // Приборы. 2019. № 9(231). С. 16-23.
- [7] Измерительная система для контроля параметров кинематического портрета человека. Ч. 2. Система вывода / В.В. Алексеев, Н.Е. Иванова, Ф.М. Соколова [и др.] // Приборы. 2019. № 9(231). С. 24-31.