

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт математики и информационных технологий

09.03.04 – Программная инженерия

Отчет о прохождении производственной практики **РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЦИФРОВОГО АРБИТРА**

Выполнил студент группы 22307

Беленков Николай Дмитриевич

Направление подготовки:

Системное и прикладное программное обеспечение

Место прохождения практики:

Кафедра ИМО

Сроки прохождения практики:

29.05.23 - 09.06.23

Руководитель практики:

О. Ю. Богоявленская, к.т.н., доцент

Оценка _____

Дата _____

Петрозаводск 2023 г.

Содержание

Введение	3
1 О проекте	4
1.1 Краткое описание	4
1.2 Участники проекта	4
1.3 Основные функции приложения	4
2 Разработка прототипа цифрового арбитра	5
2.1 Пользовательский интерфейс разработанного прототипа	5
2.2 Научные результаты	6
2.2.1 Обзор используемых сенсоров	6
2.2.2 Разработка алгоритма проверки корректности выполнения повторения	7
3 Обзор аналогов реализованного проекта	8
3.1 Обзор других приложений для отслеживания активности спортсмена	8
3.2 Сравнение цифрового арбитра с аналогами	9
Заключение	11
Список литературы	12

Введение

Интернет вещей (IoT) - множество физических объектов, подключенных к интернету и обменивающихся данными. Устройство интернета вещей можно разбить на несколько уровней: устройства, собирающие данные, программное обеспечение, работающее на этих устройствах, коммуникации между ними и платформа, где выполняется анализ данных и предоставление их пользователю в удобном и понятном виде.

В настоящее время концепция IoT приходит во все новые сферы деятельности человека. Активно развивается интернет вещей в области спорта и фитнеса. Данная концепция может помочь спортсмену развиваться и при этом быть в безопасности, благодаря отслеживанию его состояния во время тренировки, может IoT использоваться и для проведения соревнований с более сильным вовлечением каждого участника и зрителя в процесс, а также может улучшить повседневный опыт каждого человека, занимающегося спортом.

Наш проект был сосредоточен на разработке прототипа мобильного цифрового арбитра, приложения для определения правильности выполнения атлетом различных упражнений на тренажерах MB Barbell.

Цель проекта: разработать прототип мобильного приложения цифрового арбитра.

Цель практики: выполнить разбор научной составляющей проекта, а также разбор его аналогов

Задачи практики:

1. Изучить и выполнить анализ предметной области
2. Применить методы системного анализа, математического и алгоритмического моделирования для решения прикладных задач
3. Представить результаты научных исследований
4. Рассмотреть аналоги разработанного проекта

Методы, способы достижения поставленных целей и задач: изучение материалов и анализ данных, разработка математических моделей, алгоритмов и их реализация

1 О проекте

1.1 Краткое описание

В рамках весеннего семестра 2023 года для дисциплины ТППО было разработано приложение "Цифровой арбитр". Данное приложение предназначено для анализа правильности выполнения атлетом упражнений "Жим от груди"; "Присед"; "Тяга"; "Жим над головой" на тренажерах MB Barbell, на основе показаний трехосевого акселерометра, встроенного в телефон на ОС Android. Документация разработанного приложения может быть найдена по ссылке [1].

В данном случае под правильностью выполнения упражнения подразумевается достижение достаточной амплитуды движения рук атлета. Достаточная амплитуда определяется по результатам прохождения калибровочного подхода.

1.2 Участники проекта

1. Смирнов Константин (менеджер)
2. Беленков Николай
3. Волкова Екатерина (секретарь)
4. Топчий Евгений
5. Квист Татьяна

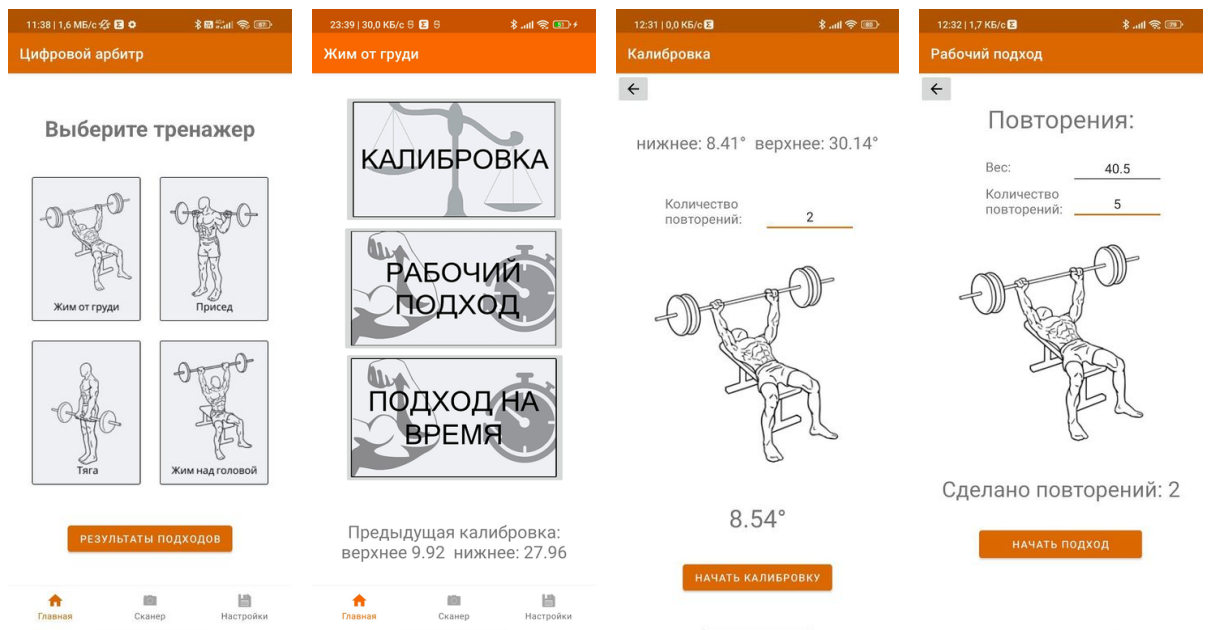
1.3 Основные функции приложения

Прототип обладает следующими функциями:

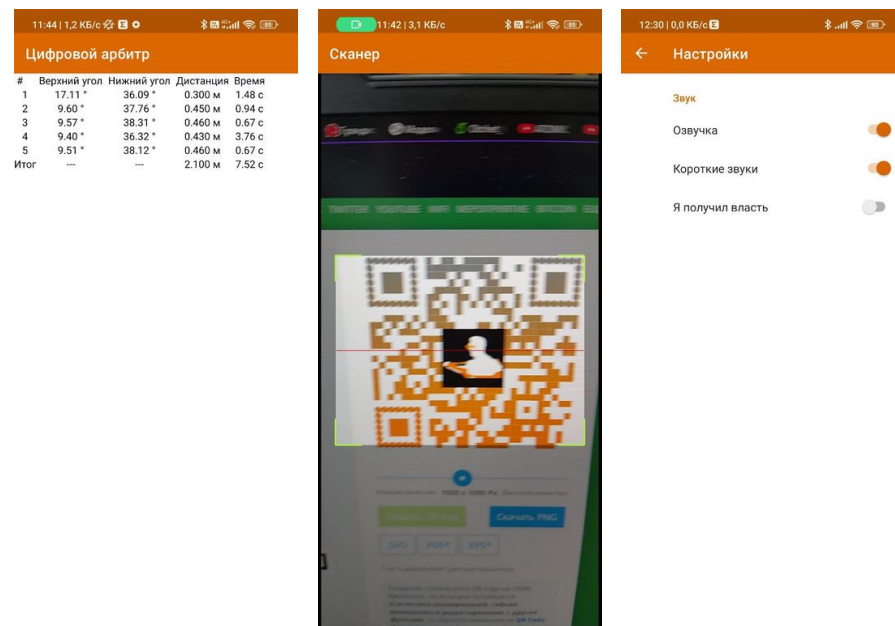
- Выбор режима работы прототипа: калибровочный подход; рабочий (нагрузочный) подход.
- Фиксация начального и конечного положения рук спортсмена и вычисление амплитуды движения рук спортсмена.
- Занесение измеренной амплитуды в калибровочную таблицу.
- Функции очистки калибровочной таблицы и удаления отдельной записи в калибровочной таблице.
- Сравнение амплитуды калибровочного и нагруженного подходов.

2 Разработка прототипа цифрового арбитра

2.1 Пользовательский интерфейс разработанного прототипа



(а) Главное меню (б) Экран подготовки (с) Экран калибровки (d) Экран рабочего подхода



(е) Статистика рабочего подхода (ф) Сканер (г) Настройки

Рис. 1 – GUI приложения

2.2 Научные результаты

Для того, чтобы приложение могло выполнять заявленные функции, необходимо провести анализ данных о движении рук спортсмена. Анализ данных необходим для вычисления калибровочной и рабочей амплитуд движения рук атлета, однако для анализа необходимо иметь эти данные. Мы решили, что приложение будет определять текущее положение рук спортсмена на основе данных IMU, встроенного в смартфон, а конкретно акселерометра.

2.2.1 Обзор используемых сенсоров

Акселерометр - автоматический инструмент для измерения ускорения, обнаружения и измерения вибраций. Краткий обзор данного датчика может быть найден в статье [2].

Трёхосный акселерометр довольно точно определяет как положение тела в пространстве в каждый момент, так и его изменение. При этом он постоянно собирает и отправляет информацию о давлении на подвесы. Так, датчик акселерометра в телефоне помогает не только определить положение корпуса устройства в пространстве, но и скорость, с которой он перемещается, и сотрясения, производимые шагами пользователя, и намеренные встряхивания им смартфона. Больше о применении акселерометра в телефоне можно прочитать по ссылке [3].

Для работы данного приложения нам необходимо получать данные об угле наклона телефона, относительно вертикальной оси. Для этого можно использовать акселерометр, нам необходим угол тангажа (pitch), пример относительно датчика представлен на рис. 2.

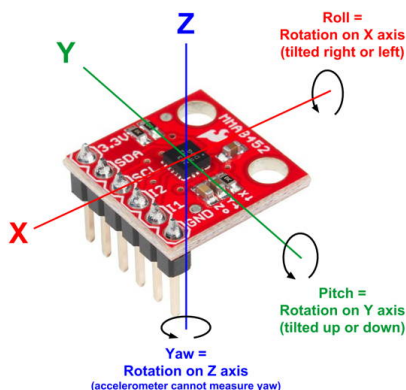


Рис. 2 – Ориентация 3 осей акселерометра

Первый прототип был сделан с использованием внешнего датчика, однако был поставлен вопрос, возможно ли перейти к акселерометру, встроенному в смартфон? В данном

случае, непонятно будет ли точность достаточной для достижения необходимого результата. После изучения различных источников был сделан вывод, что акселерометр в смартфоне способен дать достаточную точность для выполнения поставленных перед ним задач. Точность отличается незначительно, в то время как удобство использования смартфона без дополнительных устройств значительно выше, чем с ними. Подробный анализ и сравнение внешнего датчика и акселерометра в смартфоне можно изучить в статье [4].

2.2.2 Разработка алгоритма проверки корректности выполнения повторения

При помощи формулы $p_i = \arctan(-1 * \frac{X_i}{\sqrt{Y_i^2 + Z_i^2}}) * \frac{180}{\pi}$, где X_i, Y_i, Z_i - ускорения по соответствующим осям, полученные от акселерометра, мы получаем угол отклонения датчика от вертикали.

Был разработан алгоритм, схожий с алгоритмом подсчета количества шагов, на основе которого можно судить о правильности выполнения пользователем упражнения.

В данных, получаемых от датчика, присутствуют колебания, связанные с различными факторами внешней среды. Для их устранения используется фильтр нижних частот с окном 2 и параметрами k_1, k_2 : $p(T) = k_1 * p_t + k_2 * p_{t-1}$, где $0 \leq k_1, k_2 \leq 1$. Коэффициент K определяет степень сглаживания фильтра. Чем выше этот коэффициент, тем более сильная фильтрация будет применена на сигнал. Описание метода фильтрации представлено в статье [5]. В качестве параметров используем $k_1 = 0.95, k_2 = 0.05$, данные значения были получены экспериментальным путем.

Входные данные алгоритма: значения углов $r[i]$

Выходные данные алгоритма: номер измерения, на котором зафиксировано статическое положение (зачтен подход) - i , а также соответствующее значение угла для расчета амплитуды - S

1. Для работы алгоритма необходимо вычислить среднее значения для выбранного размера окна (для первых n чисел): $S = \text{sum}(r[1]..r[n])/n$
2. Имея вычисленное значение S , необходимо проверить гипотезу: Если отклонение на концах выбранного отрезка от среднего его значения не сильно большое, то график представляет статическое значение (руки атлета зафиксированы): ЕСЛИ $|S - r[1]| < \epsilon$
И $|S - r[n]| < \epsilon$
3. Если гипотеза подтверждается, то фиксируется крайнее положение рук, S - значение угла в градусах для этого положения.

4. Считаем новое значение S . Для быстрого вычисления, чтобы система могла работать в режиме реального времени, его не требуется каждый раз пересчитывать полностью, достаточно добавить новое значение и отбросить последнее: $S = S - r[1]/n + r[n + 1]/n$
5. Шаги 2-4 повторяются до тех пор, пока передаются данные с датчика.

Используется описание алгоритма из статьи [6].

3 Обзор аналогов реализованного проекта

Цифровой арбитр нужен для анализа правильности выполнения спортсменом упражнений "Жим от груди"; "Присед"; "Тяга"; "Жим над головой" на тренажерах MB Barbell. Для того, чтобы пользоваться тренажерами могло как можно больше людей было решено использовать смартфон для контроля правильности выполнения упражнений. В данном разделе отчета представлен обзор других приложений для отслеживания физической активности спортсмена.

3.1 Обзор других приложений для отслеживания активности спортсмена

В мире существует множество приложений для отслеживания физической активности спортсмена, в данном разделе представлен краткий обзор нескольких из них:

- Pacer Pedometer - приложение определяет точное количество израсходованных калорий, учитывая стандартные параметры пользователя, интенсивность шагов, температуру окружающей среды. Можно создавать спортивные группы для отслеживания результатов других пользователей и соревнования с ними.
- Samsung Health - приложение для отслеживания различной физической активности пользователя, большой фокус сделан не отслеживании питания. Присутствует социальная составляющая в виде возможности соревноваться с другими пользователями.
- Google Fit - приложение следит за интенсивностью движений спортсмена, используя датчики умных устройств или смартфона, начисляя баллы за умеренные и интенсивные нагрузки. Может синхронизировать данные с различных умных устройств.

- Adidas Running App by Runtastic - приложение с активной социальной составляющей, позволяющей соревноваться с другими пользователями и делиться с ними своими успехами. Движение пользователя отслеживается с помощью GPS.
- Step Tracker - приложение, запоминающее маршрут движения атлета, данные может получать с помощью GPS, при его отсутствии может применяться акселерометр, встроенный в телефон.
- Step Counter - приложение, использующее акселерометр смартфона для подсчета шагов спортсмена. Напоминает пользователю о соблюдении питьевого режима, может быть интегрировано с другими приложениями.
- Fitbit - приложение от известного производителя фитнес-браслетов, использует синхронизацию с данными девайсами для отслеживания активности спортсмена, в случае отсутствия фитнес-браслета может использовать встроенные в телефон датчики.
- StepsApp Pedometer - приложение для отслеживания активности с помощью GPS, может синхронизироваться с GoogleFit и публиковать результаты тренировок в социальные сети. Присутствует вывод статистики о тренировках за месяц/год.

Более подробный обзор этих и других приложений может быть найден по ссылке [7].

3.2 Сравнение цифрового арбитра с аналогами

Смартфоны активно развиваются и в настоящее время многие из них имеют достаточную мощность, чтобы анализ данных можно было производить прямо на устройстве пользователя, кроме того многие необходимые датчики вроде акселерометра или гироскопа присутствуют внутри современных смартфонов. Встроенные в телефон датчики используются во многих популярных приложениях для отслеживания физической активности человека, например Google Fit. Часто для данной задачи используется акселерометр. Исходя из того, что данная задача может быть успешно выполнена с помощью акселерометра, а также схожестью алгоритма фиксации повторения с алгоритмом, например, подсчета количества шагов, мы решили использовать акселерометр, встроенный в смартфон, как основной источник данных для подсчета количества повторений. Ниже представлены некоторые особенности рассмотренных выше приложений и сравнений их с цифровым арбитром:

- Все представленные приложения могут отслеживать физическую активность пользователя (шаги, передвижение) - цифровой арбитр отличается тем, что может отслеживать активность пользователя на тренажерах, что не предусмотрено в данных приложениях
- Для отслеживания физической активности может использоваться GPS или акселерометр в телефоне, кроме того может быть использовано отдельное носимое устройство - в нашем случае используется второй вариант
- Многие приложения могут выводить статистику об упражнениях пользователя, такая возможность предусмотрена и в нашем случае
- Некоторые приложения предоставляют дополнительные возможности, например напоминание о необходимости употребления воды или отслеживание питания пользователя - в нашем приложении такие функции на данный момент не предусмотрены
- Часть приложений имеет сильную социальную составляющую: возможность соревноваться с другими пользователями и делиться результатами - данные возможности пока слабо представлены в цифровом арбитре, однако эти функции являются приоритетными для реализации в будущем

Исходя из данного сравнения можно сделать вывод, что цифровой арбитр отличается своей возможностью отслеживать правильность выполнения упражнения на различных тренажерах, а не только бег или ходьбу. Часть функций представленных приложений отсутствует или слабо представлено в прототипе, однако реализация некоторых из них является приоритетным направлением развития приложения. Некоторые из них будут реализованы в будущих версиях цифрового арбитра.

Заключение

В ходе весеннего семестра 2023 года был разработан прототип приложения цифрового арбитра со следующими функциями:

1. Выбор режима работы прототипа: калибровочный подход; рабочий (нагрузочный) подход.
2. Фиксация начального и конечного положения рук спортсмена и вычисление амплитуды движения рук спортсмена.
3. Занесение измеренной амплитуды в калибровочную таблицу.
4. Функции очистки калибровочной таблицы и удаления отдельной записи в калибровочной таблице.
5. Сравнение амплитуды калибровочного и нагруженного подходов.

В ходе данной практики был выполнен разбор научной части разработанного проекта, а также обзор его аналогов.

Все поставленные цели были достигнуты, поставленные задачи выполнены.

Список литературы

1. ArbitratorApp [Электронный ресурс] URL : <https://se.cs.petrstu.ru/wiki/ArbitratorApp> (дата обращения: 5.06.2023).
2. Faisal, Ilham & Purboyo, Tito & Ansori, Anton. (2019). A Review of Accelerometer Sensor and Gyroscope Sensor in IMU Sensors on Motion Capture. Journal of Engineering and Applied Sciences. 15. 826-829. 10.36478/jeasci.2020.826.829.
3. Акселерометр в телефоне — как работает и для чего нужен датчик [Электронный ресурс] URL : <https://smart-planets.ru/lifehacking/akselerometr-v-telefone/> (дата обращения: 5.06.2023).
4. Grouios, George & Ziagkas, Efthymios & Loukovitis, Andreas & Chatzinikolaou, Konstantinos & Koidou, Irini. (2023). Accelerometers in Our Pocket: Does Smartphone Accelerometer Technology Provide Accurate Data?. Sensors. 23. 17. 10.3390/s23010192.
5. Чирков Д. Г., Стоцкая А. Д. Методы программной фильтрации данных для работы с ультразвуковыми датчиками в области робототехники [Электронный ресурс] URL : <https://scm.etu.ru/assets/files/2020/scm20/papers/2/155.pdf> (дата обращения: 5.06.2023).
6. Смирнов К. А., Ермаков В. А. Автоматическая фиксация повторений в режиме реального времени для упражнения «жим лежа» с использованием трехосевого акселерометра: сб. тез. Всерос. конф. (Ярославль, 17 — 21 апр. 2023 г.). — Ярославль, 2023.
7. Рейтинг ТОП-10 лучших бесплатных приложений шагомеров на Android [Электронный ресурс] URL : <https://geekhow.ru/programmy/rejting-top-luchshih-besplatnyh-prilozhenij-shagomerov-na-android/> (дата обращения: 5.06.2023).