

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ИНФОРМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Направление подготовки бакалавриата

09.03.04 – Программная инженерия

ОТЧЕТ О ПРОХОЖДЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ

Выполнила студентка 3 курса группы 22307

Волкова Екатерина Федоровна

Направление подготовки:

Системное и прикладное программное обеспечение

Место прохождения практики:

Кафедра ИМО

Период прохождения практики:

29.05.23-11.06.23

Руководитель:

О. Ю. Богоявленская

Дата:

дата

Итоговая оценка:

оценка

Содержание

Введение	3
1 Описание проекта	4
1.1 Общие сведения	4
1.2 Основные функции	4
2 Реализация прототипа	5
2.1 Реализованный прототип	5
2.2 Научные результаты	6
2.2.1 Описание работы акселерометра	6
2.2.2 Алгоритм автоматической фиксации повторений	7
2.2.3 Алгоритм вычисления амплитуды движения рук спортсмена	8
3 Аналоги реализованного проекта	10
3.1 Обзор систем, использующих акселерометр	10
3.2 Сравнительный анализ	11
Заключение	12
Список литературы	13

Введение

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) — это множество физических объектов, подключенных к интернету и обменивающихся данными. Концепция IoT может существенно улучшить многие сферы нашей жизни и помочь нам в создании более удобного, умного и безопасного мира. Примеры интернета вещей варьируются от носимых вещей (например, умные часы) до умного дома, способного выполнять действия и решать определённые повседневные задачи без участия человека.

Предполагается, что концепция IoT способна модифицировать экономические и общественные процессы, а также исключить из части действий и операций необходимость участия человека

Рынок IoT в сфере спорта и фитнеса развивается стремительно. Использование IoT в сфере спорта подразумевает под собой более качественный и точный контроль над состоянием спортсмена как в рамках тренировок, так и в обычной жизни; более точная оценка результатов спортсмена, что широко применяется на соревнованиях.

Цель проекта: разработка прототипа цифрового арбитра.

Целью практики является обзор проекта по следующим темам:

- научные результаты для достижения поставленной цели;
- актуальные аналоги проекта.

Задачи практики:

1. исследование и анализ конкретной предметной области;
2. применение методов системного анализа, математического и алгоритмического моделирования при анализе прикладных проблем;
3. представление результатов научных исследований;
4. изучение и сравнение актуальных аналогов проекта.

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

1 Описание проекта

1.1 Общие сведения

Разработка прототипа цифрового арбитра, предназначенного 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, предоставленного компанией MB Barbell.

Участники проекта:

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

1.2 Основные функции

Прототип обладает следующими функциями:

1. Выбор режима работы прототипа:
 - (a) калибровочный подход;
 - (b) 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.

2 Реализация прототипа

2.1 Реализованный прототип

Ниже представлены некоторые страницы реализованного пользовательского интерфейса прототипа [1].



Рис. 1 – Главная страница



Рис. 2 – Страница подготовки



Рис. 3 – Страница калибровки



Рис. 4 – Страница рабочего подхода

2.2 Научные результаты

Основными задачами для разработки функциональной части прототипа были работа с датчиком (акселерометром) и реализация следующих алгоритмов: алгоритма автоматической фиксации повторений и алгоритма вычисления амплитуды движения рук спортсмена в зафиксированном повторении.

2.2.1 Описание работы акселерометра

Акселерометр — это прибор для измерения ускорения, который работает как датчик изменения положения устройства в пространстве [2].

Акселерометр в телефоне выглядит как обычный чип. В зависимости от модели смартфона может на вид незначительно отличаться. Ниже представлен пример, как может выглядеть такой прибор в телефоне [3].

Трехосевой 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, например, датчик акселерометра в телефоне помогает не только определить положение корпуса устройства в пространстве, но и скорость, с которой вы перемещаетесь, и сотрясения, производимые вашими шагами, и намеренные встряхивания смартфона.

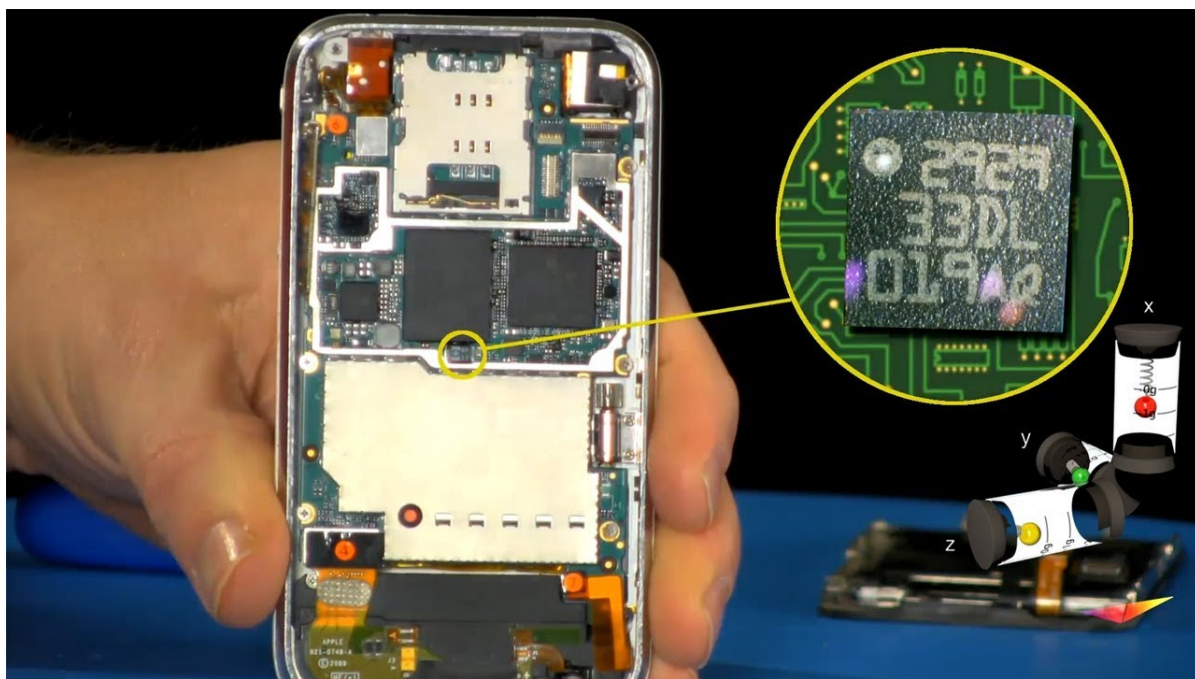


Рис. 5 – Акселерометр в смартфоне

Для взаимодействия с акселерометром необходимо было подключить библиотеку SensorManager в IDE Android Studio. Доступ к сенсорам можно получить при помощи вызова `getSystemService(SENSOR_SERVICE)` [4]. Через интерфейс `SensorEventListener` можно отслеживать показания с датчика.

При получении данных с датчика первичная измеряемая величина - безразмерная (три числа за одно измерение): $b_x^i, b_y^i, b_z^i : i = 1, 2, \dots$

Для преобразования первичной величины в ускорение, выполняются вычисления для каждой первичной измеренной величины: $a_x^i = b_x^i/256, a_y^i = b_y^i/256, a_z^i = b_z^i/256$, где 256 - множитель преобразования (g/LSB) [5].

На основе значений ускорений по трем осям определяется угол крена и тангажа. Так как движения датчика происходят только в одной плоскости, следовательно, меняется только один угол тангажа (pitch): $p_i = f_{pitch}(a_x^i, a_y^i, a_z^i)$.

2.2.2 Алгоритм автоматической фиксации повторений

Алгоритм автоматической фиксации отвечает за подсчет текущего количества повторений, а также сравнение текущего значения угла с калибровочным, в случае рабочего подхода. Алгоритм фиксации повторений основывается на вычислении «скользящего среднего» [6] по графику с заданным размером окна в режиме реального времени. Для вычисления корректности выполнения упражнения должен использоваться датчик - акселерометр, встроенный в телефон.

Входными данными алгоритма являются показания акселерометра a_x^i, a_y^i, a_z^i - измерения ускорений по трем осям: Ox, Oy, Oz , которые преобразуются в показания текущего угла между осью рычага тренажера и вертикалью. Возникает следующая проблема: сигналы, получаемые с датчиков, обычно имеют шум из-за различных внешних условий.

Так, для устранения небольших неровностей и колебаний в сигнале применяется простой **Low-pass фильтр** (фильтр нижних частот) [7] 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. По результатам экспериментов принимаем значения $k_1 = 0.95, k_2 = 0.05$.

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 e на

концах выбранного отрезка от среднего его значения не сильно большое, то график представляет статическое значение (руки атлета зафиксированы): $|S - r[1]| < e$ И $|S - r[n]| < e$

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.

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

Алгоритм был взят из статьи Смирнова К.А. и Ермакова В.А. «Автоматическая фиксация повторений в режиме реального времени для упражнения «жим лежа» с использованием трехосевого акселерометра» [8].

2.2.3 Алгоритм вычисления амплитуды движения рук спортсмена

Алгоритм вызывается каждый раз, когда фиксируется повторение при помощи алгоритма автоматической фиксации повторений.

Входные данные: значения угла S .

Выходные данные: амплитуда движения рук атлета - H .

1. В зависимости от выбранного типа тренажера, алгоритм использует соответствующее значение L - длина рычага между осью крепления и руками атлета. Значения заранее известны и внесены в базу данных программы.
2. На основе полученного значения S , а также предыдущего значения P вычисляется угол $A = |S - P|$, который применяется для расчета амплитуды.
3. Используя угол A и значение рычага L вычисляется путь, пройденный руками атлета по следующей формуле: $H = (\pi * A * L)/180$

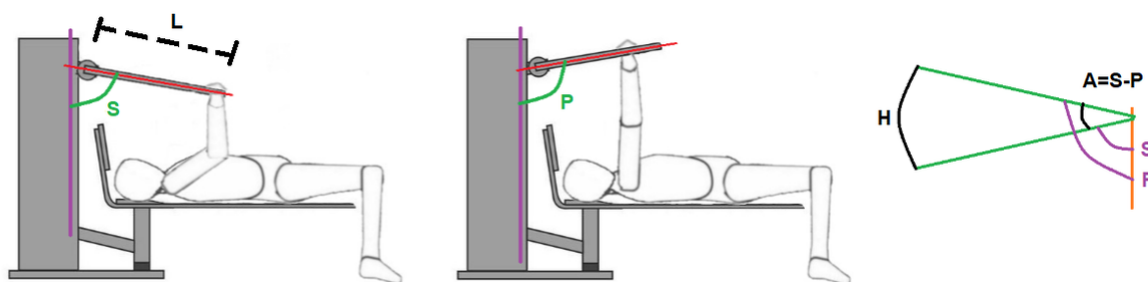


Рис. 6 – Схематичное описание

Для реализации данного алгоритма была взята выдержка из статьи «An IMU Sensor Application to Measure the Hands Amplitude at Exercise Performing in Gym» [9].

Алгоритмы показывают хорошую точность фиксации выполненных повторений — до 95 %. Погрешность, используемая для оценки, при выполнении упражнения составляет 5 % от значения калибровочной амплитуды. Значение погрешности, в ряде случаев, определяется положением тела спортсмена, нагрузкой и другими физиологическими и техническими особенностями. Суммарная точность алгоритма составляет порядка 90 % — такая часть правильно выполненных упражнений будет правильно зафиксирована.

3 Аналоги реализованного проекта

3.1 Обзор систем, использующих акселерометр

Для разработки прототипа цифрового арбитра в качестве основного измеряющего устройства был выбран акселерометр. Уже многие приложения, являющиеся популярными в сфере спорта, используют его для тех или иных функций. Среди приложений для занятий спортом, использующих акселерометр, можно выделить следующие [10]:

1. Google Fit: Google Fit может использовать акселерометр вашего смартфона для отслеживания различных видов активности. В зависимости от количества шагов Google Fit отображает вашу скорость, темп и маршрут.
2. MyFitnessPal: Это приложение в основном используется для отслеживания питания, но оно также может использовать данные акселерометра для отслеживания активности.
3. ActivityTracker: Это приложение для мониторинга и отслеживания показателей, связанных с фитнесом (пройденное расстояние, количество шагов, калории и т.д.), также использует встроенные сенсоры вашего смартфона, включая акселерометр.
4. Pacer Pedometer Step Tracker: Это приложение следит за вашей активностью, включая количество шагов, пройденное расстояние, потребленные калории и время активности. Оно также предлагает персонализированные планы тренировок и возможность участия в виртуальных вызовах.
5. Fitbit: Хотя Fitbit больше известен как производитель фитнес-браслетов, их приложение также может использовать акселерометр вашего смартфона для отслеживания активности.
6. MapMyWalk: Это приложение использует акселерометр для отслеживания прогулок, а также может отслеживать ваш маршрут с помощью GPS.
7. Accupedo Pedometer: это точное приложение-шагомер, которое отслеживает вашу ежедневную прогулку на главном экране вашего телефона. Встроенные интеллектуальные алгоритмы распознавания 3D-движения отслеживают только модели ходьбы путем фильтрации и исключения действий, не связанных с ходьбой. Accupedo считает ваши шаги независимо от того, куда вы кладете телефон: в карман, на поясной ремень или в сумку.

3.2 Сравнительный анализ

В основном эти приложения используют акселерометр для подсчета количества шагов пользователя, таким образом, занимаясь детекцией поступательно-вращательного движения. Принцип движения тренажера, оборудованного рычагом очень схож с принципом движения ноги человека – движения относительно определенной оси крепления (ось крепления рычага для тренажера и тазовые кости для человека), наличие рычага (рычаг тренажера, нога человека), движение в определенном ограниченном секторе (конструктивные ограничения тренажера, физиологические ограничения человека).

Ниже представлен список особенностей перечисленных ранее приложений:

1. Все приложения предназначены для подсчета шагов, пройденных пользователем в течение дня.
2. Большинство приложений используют датчик акселерометра на телефоне пользователя для отслеживания его движений и подсчета шагов.
3. Некоторые приложения позволяют пользователям устанавливать цели по ежедневному подсчету шагов.
4. Многие приложения имеют социальный компонент, позволяющий пользователям общаться с друзьями или соревноваться с другими, чтобы достичь поставленных целей.

Исходя из успешности описанных систем, использующих акселерометр, а также логической схожести вычислений, в рамках разработки цифрового арбитра, стоит предположить, что акселерометр является достаточно надежным сенсором, встроенным в смартфон, поэтому он используется в качестве основного датчика для разработки прототипа цифрового арбитра.

На данный момент наш прототип не позволяет пользователям онлайн общаться между собой и делиться результатами, но это является дальнейшей перспективой развития. Помимо этого, сейчас реализуется еще один режим рабочего подхода: подход на расстояние, позволяющий указать расстояние в метрах, которое спортсмен хочет преодолеть.

Также наш прототип основывается на анализе правильности выполнения упражнения спортсменом на тренажере, а не на подсчете шагов. Полноценных аналогов нашего прототипа мобильного приложения не было найдено.

Заключение

В рамках дисциплины «Технология производства программного обеспечения» нашей командой была достигнута следующая цель: разработка прототипа цифрового арбитра.

Так, в период практики, был проведен обзор проекта по следующим темам:

- научные результаты для достижения поставленной цели;
- актуальные аналоги проекта.

В данной работе были описаны актуальные аналоги проекта с последующим сравнением, а также научные результаты, использованные в ходе разработки прототипа.

Итак, можно сказать, что поставленные цели проекта и практики достигнуты.

Список литературы

1. ArbitratorApp [Электронный ресурс]. — URL: <https://se.cs.petrstu.ru/wiki/ArbitratorApp> (дата обращения : 31.05.2023).
2. Accelerometer Sensor [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/accelerometer-sensor> (дата обращения : 31.05.2023).
3. Акселерометр в телефоне — как работает и для чего нужен датчик [Электронный ресурс]. — URL: <https://smart-planets.ru/lifehacking/akselerometr-v-telephone/> (дата обращения : 31.05.2023).
4. SensorManager | Android Developers [Электронный ресурс]. — URL: <https://developer.android.com/reference/kotlin/android/hardware/SensorManager> (дата обращения : 31.05.2023).
5. MEMS-акселерометры и гироскопы — разбираемся в спецификации [Электронный ресурс]. — URL: <https://habr.com/ru/articles/431566/> (дата обращения : 31.05.2023).
6. Алгоритм скользящего среднего (Simple Moving Average) [Электронный ресурс]. — URL: <https://habr.com/ru/articles/134375/> (дата обращения : 31.05.2023).
7. 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 : 31.05.2023).
8. 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.
9. Smirnov K., Ermakov V., Zavyalov S., Korzun D. An IMU Sensor Application to Measure the HandsAmplitude at Exercise Performing in Gym. Proceedings of FRUCT32. 2022. Vol. 2 (ACM volume). pp. 390-393.
10. 10 приложений для подсчёта шагов [Электронный ресурс]. — URL: <https://marathonec.ru/prilozheniya-dlya-podscheta-shagov/> (дата обращения : 31.05.2023).