

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

«ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт математики и информационных технологий

Отчет о прохождении производственной практики
Цифровой арбитр: научные задачи и аналоги

Выполнил студент группы 22307
Смирнов Константин Алексеевич

Направление подготовки:
Программная инженерия

Место прохождения практики:
Кафедра ИМО, ЦИИ

Сроки прохождения практики:
29.05.23 – 09.06.23

Руководитель практики:
к.т.н., доцент
Богоявленская Ольга Юрьевна

Оценка _____

Дата _____

Петрозаводск 2023 г.

Содержание

Введение	3
1 Алгоритм автоматической фиксации повторений	5
1.1 Алгоритм вычисления амплитуды	5
1.2 Алгоритм фиксации повторений	6
2 Сравнения с аналогами	9
2.1 Приложения, использующие акселерометр	9
2.2 Пример программно-аппаратного комплекса	10
Заключение	12

Введение

Традиционно, соревнования по пауэрлифтингу проводятся без цифровых систем, отвечающих бы за соблюдение правильности выполнения упражнения спортсменами. Цифровизация спортивного тренировочного оборудования позволяет использовать приложения для распознавания движения человека при выполнении упражнений в тренажерном зале [2]. Поскольку оценка участников осуществляется судьями, возникают следующие проблемы: [3]

- Ошибки при фиксации правильности выполнения подхода.
- Большое количество судей для проведения соревнований.
- Ошибки при протоколировании из-за внесения результатов вручную.

Для решения перечисленных проблем, была проведена разработка прототипа цифровой судейской системы, предназначенной для анализа правильности выполнения спортсменом упражнения на тренажере MB Barbell “Жим от груди лежа”. Тренажер оборудован трехосевым акселерометром. Система снимает показания акселерометра в реальном времени и оценивает амплитуду движения рычага при выполнении упражнения [3, 4]. Прототип позволяет фиксировать начальное и конечное положения рук спортсмена с расчетом амплитуды движения рук во время выполнения упражнения. Перед выполнением рабочего подхода выполняется калибровка, состоящая из произвольного количества повторений на тренажере с пустым весом. Калибровка определяет крайние положения рук при выполнении упражнения на данном тренажере для данного спортсмена. Все результаты калибровочных измерений заносятся в специальную калибровочную таблицу, согласно которой в дальнейшем рассчитывается среднее калибровочное значение амплитуды движения рук спортсмена.[1] Таким образом, разработанная система обладает следующими функциями:

- Фиксация правильности выполнения упражнения без участия судьи.
- Функция индивидуальной калибровки под каждого спортсмена.

- Ведение электронного протокола соревнования в режиме реального времени с интеграцией на электронном табло.

Цель практики

- Описать научные методы, которые использовались при разработке прототипа цифрового арбитра, опираясь на существующие аналоги.

Задачи практики

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Описание используемого алгоритма автоматической фиксации повторений.
2. Сравнение разработанного приложения с существующими аналогами.

1 Алгоритм автоматической фиксации повторений

1.1 Алгоритм вычисления амплитуды

Разрабатываемый прототип должен позволять выполнять вычисление амплитуды движения рук спортсмена, для того, чтобы можно было вычислить калибровочное значение дуги для последующего сравнения с ним значений амплитуд нагруженных подходов. Для того, чтобы измерить амплитуду движения рук во время выполнения упражнения, было решено вычислять начальный и конечный углы (А и В) между рычагом тренажера и вертикалью. [2]

- Начальный угол (А) - угол между вертикалью и рычагом тренажера в крайнем нижнем положении рук.
- Конечный угол (В) - угол между вертикалью и рычагом тренажера в крайнем верхнем положении рук.

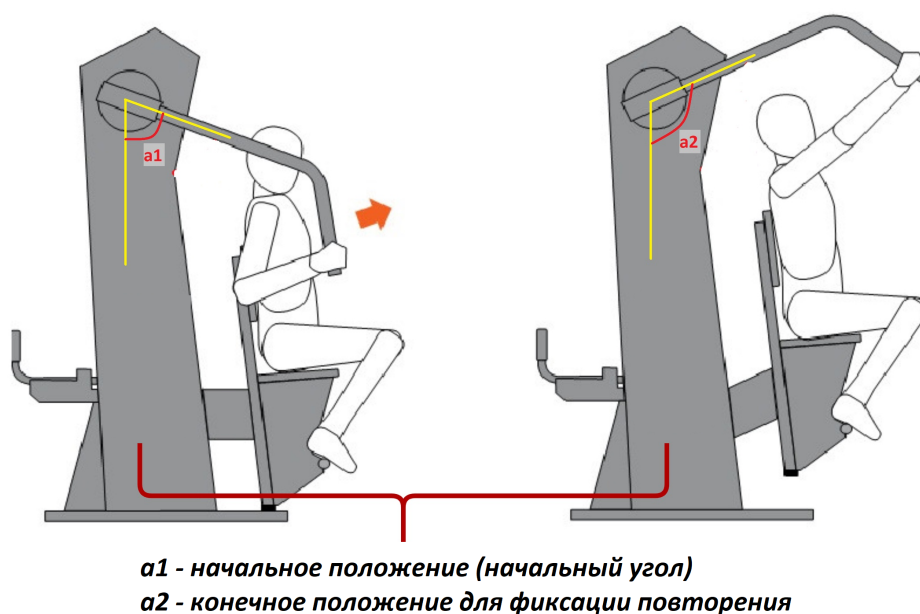


Рис. 1: Схематичное изображение начального и конечного угла, используемых для вычисления амплитуды в алгоритме.

Далее необходимо измерить длину рычага от места пересечения с осью крепления до точки, в которой установлен датчик. Далее на основе рассчитанных

начального и конечного углов (А и В), а также известной длины рычага, можно рассчитать путь S, пройденный датчиком, закрепленным на рычаге тренажера по следующей формуле:

$$S = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot L,$$

где α - угол между начальным и конечным положениями, L - длина рычага

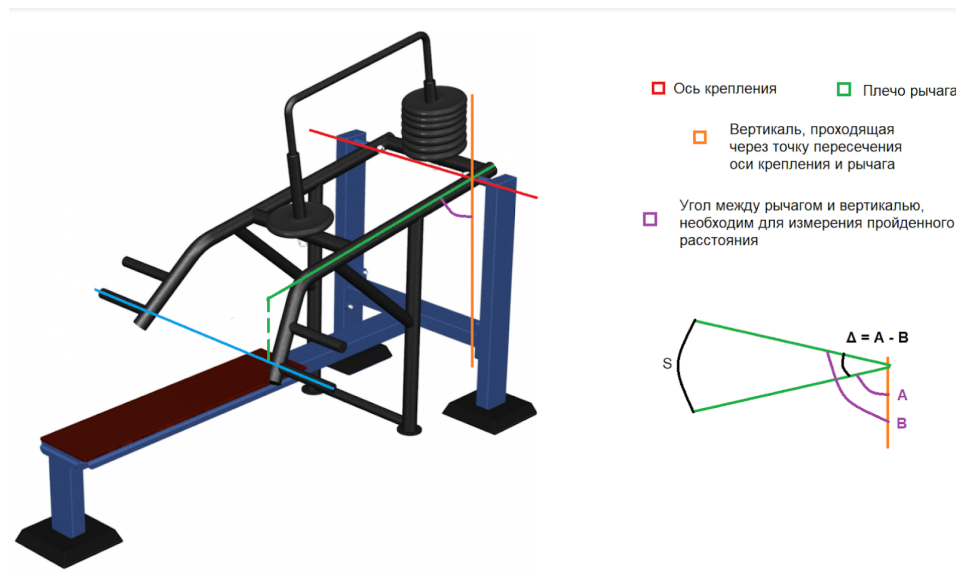


Рис. 2: Схематичное описание используемого алгоритма для вычисления амплитуды движения рук на основании показаний акселерометра.

1.2 Алгоритм фиксации повторений

С архитектурной точки зрения приложение выглядит следующим образом: Алгоритм автоматической фиксации выполнения упражнений отвечает за подсчет текущего количества повторений, а также сравнение текущего значения угла с калибровочным, в случае рабочего подхода. Алгоритм фиксации повторений на основе использования вычисления “скользящего среднего” по графику изменения угла тангажа с заданным размером окна в режиме реального времени. Данный угол связан с ориентацией смартфона таким образом, что изменение положения рамы тренажера при выполнении упражнения соответствует изменению данного угла. На вход алгоритму поступают показания акселерометра

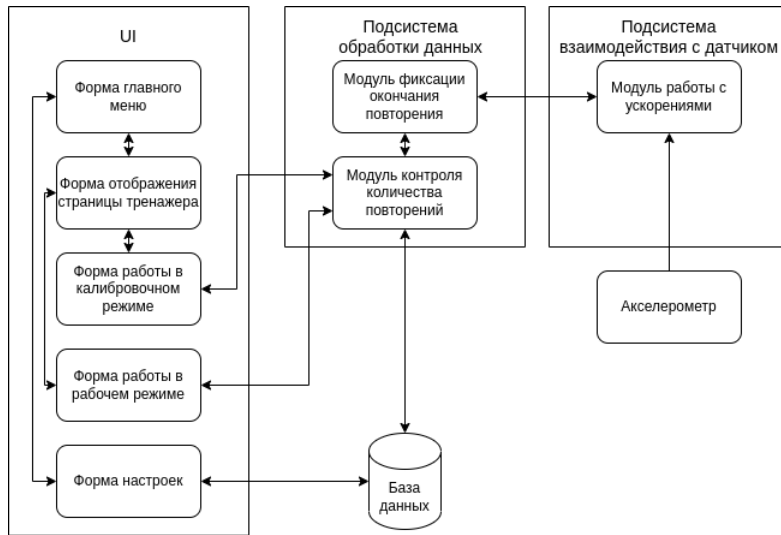


Рис. 3: Архитектура системы

по соответствующим осям в выбранный i -ый момент времени X_i, Y_i, Z_i , преобразуемые в ускорения по трем осям a_i^x, a_i^y, a_i^z , а затем в угол тангажа согласно по формуле $p_i = \arctan(-1 * \frac{X_i}{\sqrt{Y_i^2 + Z_i^2}}) * \frac{180}{\pi}$ преобразуются в показания текущего угла между осью рычага тренажера и вертикалью. Алгоритм вызывается при каждом новом полученном значении акселерометра $(i+1)$. Сам по себе он имеет оценку $O(1)$, итого для n входных значений будет временная сложность $O(n)$.

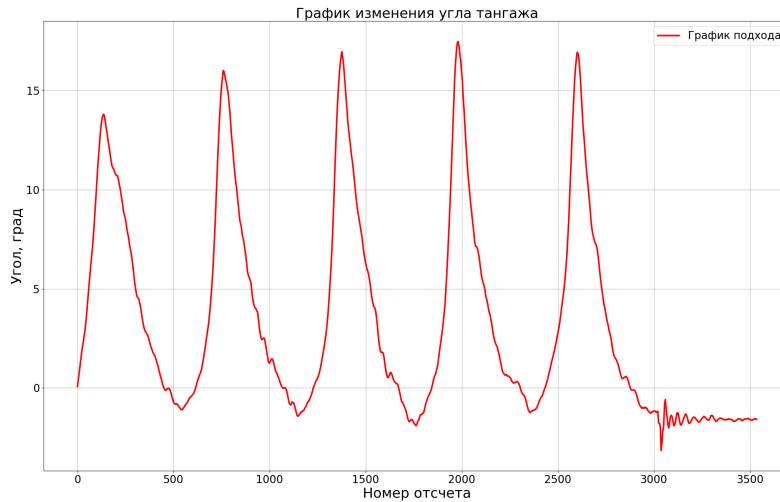


Рис. 4: График изменения угла тангажа подвижной рамы тренажера при выполнении упражнения

При первом запуске алгоритма для первых n входных значений угла тангажа вычисляется значение параметра $S = \sum_{i=1}^n p_i$, где n — заранее установленный

параметр накопления данных: вычисляется среднее из n чисел, p_i — соответствующее значение угла в i -ый момент времени

Шаги алгоритма 1–4, вызываются с каждым с каждым $i+1$ новым значением угла тангажа, на основе входных данных с датчика по формуле, приведенной выше:

1. Имея вычисленное значение S , необходимо проверить гипотезу: Если отклонение на концах выбранного отрезка размерности n от среднего его значения не больше параметра ϵ , то график угла в интервале $[i, \dots i+n]$ прямая $p(t) = const$, то есть руки атлета зафиксированы:

ЕСЛИ $|S - p_1| < \epsilon$ И $|S - p_n| < \epsilon$.

Здесь ϵ — параметр, влияющий на точность измерений, p_i и p_{i+n} — значения на концах отрезка S .

2. Если гипотеза на шаге 1 подтверждается, то фиксируется крайнее положение рук, где S — значение угла в градусах для этого положения.
3. Для S , зафиксированного на прошлом шаге, проверяется, достиг ли атлет калибровочных значений, то есть — правильно ли он выполнил повторение:

ЕСЛИ $[|S - U| < \epsilon$ ИЛИ $|S - L| < \epsilon$, то повторение засчитывается. U и L — значения углов калибровки в верхней и нижней позициях соответственно.

4. Вычисляем новое значение S . Для оптимизации вычисления, достаточно добавить новое значение и отбросить первый: $S = S - \left(\frac{p_i}{n}\right) + \left(\frac{p_{n+i+1}}{n}\right)$ [2]

2 Сравнения с аналогами

2.1 Приложения, использующие акселерометр

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

- **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.
- **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.
- **Fitbit:** Хотя Fitbit больше известен как производитель фитнес-браслетов, их приложение также может использовать акселерометр вашего смартфона для отслеживания активности.
- **MyFitnessPal:** Это приложение в основном используется для отслеживания питания, но оно также может использовать данные акселерометра для отслеживания активности.
- **MapMyWalk:** Это приложение использует акселерометр для отслеживания прогулок, а также может отслеживать ваш маршрут с помощью GPS.

- **Google Fit:** Google Fit может использовать акселерометр вашего смартфона для отслеживания различных видов активности.
- **ActivityTracker:** Это приложение использует встроенные сенсоры вашего смартфона, включая акселерометр, для отслеживания активности.

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). Исходя из успешности описанных сенсорных систем, использующих акселерометр, а также логической схожести вычислений, которые применяются в них с вычислениями, в рамках разработки цифрового арбитра, стоит предположить, что он является достаточно надежным сенсором, встроенным в смартфон, который можно использовать в качестве основного датчика для разработки прототипа Цифрового арбитра. [4]

2.2 Пример программно-аппаратного комплекса

PoolMate Live – водонепроницаемые часы (5 атм) от британского бренда Swimovate, которые призваны стать вашим личным помощником на тренировках. Благодаря своему богатому функционалу помогут не только контролировать, но и улучшить тренировочный процесс. Подходят для плавания на открытой воде и в бассейне, в том числе в бассейне с противотоком («Endless Pool» – «Бесконечный бассейн»), для «привязанного» плавания с помощью специальных тренажеров.

Итак, PoolMate Live ведут подсчет:

- количества гребков, их длины и частоты;

- количества выполненных бассейнов;
- пройденного за тренировку расстояния;
- потраченных калорий;
- а также анализируют скорость плавания и эффективность тренировок.

Прибор выполняет функции хронографа, что позволит отслеживать общую продолжительность тренировки или время отдыха. Дополнительным преимуществом PoolMate Live является функция тайминга с помощью вибросигнала.

Программно-аппаратный комплекс Poolmate live аналогично разработанному цифровому арбитру помогает атлету в проведении своих тренировок, отслеживании показателей и прогресса, используя также носимое сенсорное устройство в качестве основного вычислительного прибора.

Заключение

В ходе работы были выполнены следующие задачи:

1. Описание используемого алгоритма автоматической фиксации повторений.
2. Сравнение разработанного приложения с существующими аналогами.

Таким образом, был проведен анализ научной составляющей цифрового ар-бित्रа, описан основной используемый алгоритм, а также проведено сравнение с уже существующими аналогами, которые успешно себя зарекомендовали на рынке и используют похожие принципы и алгоритмы для реализации.

Список литературы

- [1] Smirnov K., Ermakov V., Zavyalov S., Korzun D. An IMU Sensor Application to Measure the HandsAmplitude at Exercise Performing in Gym. Proceedings of FRUCT [U+02B9]32. 2022. Vol. 2 (ACM volume), pp. 390-393.
- [2] Пример цифрового арбитра для фиксации амплитуды движения рук при выполнении упражнения “Жим лежа от груди” – К.А. Смирнов, В.А. Ермаков, С.А. Завьялов, Д.Ж. Корзун
- [3] Автоматическая фиксация повторений в режиме реального времени для упражнения «жим лежа» с использованием трехосевого акселерометра – К.А. Смирнов, В.А. Ермаков, С.А. Завьялов, Д.Ж. Корзун
- [4] A Mobile Application for Assessing the Strength Exercises on Sports Training Equipment – K. Smirnov, V. Ermakov, E. Topchii, D. Korzun. Proceedings of FRUCT’33. 2023.