Направление проектной работы: инженерно-математическая

Тема: «Умные» стельки

Автор: Перекрестова Анна Андреевна

Научный руководитель: Сторчак Евгений Евгеньевич

Место выполнения проектной работы: ГБПОУ КК ККЭП

2019

Содержание

Введение
1 Цель, задачи, перспективы реализации проекта и уже существующие решения
2 Устройство стопы
3 Основные проблемы опорно-двигательного аппарата
4 Основные методы исследования болезней стоп
5 Плантография и подометрия
6 Разработка «Умных стелек»
6.1 Arduino Pro Mini
6.2 ESP8266
6.3 Резистивные датчики давления
7 Заключение

Введение

Современный ритм жизни и подверженность влиянию моды создают большое количество проблем в нашем теле и уме. Мы уделяем мало внимания простым и в то же время очень значимым процессам жизни, мало задумываемся об основах и фундаменте, что помогает сделать наше существование более здоровым. Одним из кирпичиков этого фундамента являются наши стопы – часть тела, на которую приходится большая нагрузка. Стопы являются опорой тела и выполняют рессорную функцию при ходьбе. Различия в понимании правильного и привычного положения стопы привели к распространенности плоскостопия, многих заболеваний связанных с нижним отделом позвоночника и как следствие внутренних органов.

Данный проект направлен на создание «умного» устройства, способного предупредить развитие каких-либо нарушений развития стоп. Также это устройство можно использовать для мониторирования активности человека. Изобретение позволяет контролировать вес, который пациент распределяет на больную (поврежденную) ногу, с целью устранения ситуаций, когда этот вес превышает определенный для данного больного порог нагрузки на конечность. Устройство предназначено для обучения пациента распределять нагрузку между здоровой и больной ногами и может быть использовано при реабилитации заболеваний, вызванных неврологическими расстройствами, или ортопедических травмах.

Для его разработки использовалась миниатюрная плата Arduino Pro Mini, Wi-Fi модуль ESP8266, а также резистивные датчики давления.

Основной аудиторий являются люди с заболеваниями стоп, а также молодые родители, чьи дети только делают первые шаги и очень важно, чтобы эти шаги были правильными.

В дальнейшем возможно создание интерактивного приложения для более наглядной визуализации данных с датчиков, что поспособствовало распространению этого устройства и предупредило развитие заболеваний на основу нашего тела – стопы.

1 Цель, задачи, перспективы реализации проекта и уже существующие решения

Целью работы является создание «умного» устройства, способного предупредить развитие каких-либо нарушений развития стоп.

Были поставлены задачи:

- с помощью платформы Arduino подключить аналоговые резистивные датчики;
- настроить передачу данных с Arduino по UART на ESP8266;
- организовать Web-интерфейс;
- отладить работу схемы.

В будущем планируется совершенствовать Web-интерфейс, упрощать его и делать более красочным. Он должен быть интуитивно понятным не только для людей, обладающими медицинской квалификацией, но и обычным пользователям.

В настоящее время существуют подобные исследования как плантография и подометрия с помощью дорогостоящего оборудования стабилометрической платформы Alfa, подометрической платформы iStep P1000, портативной динамометрической платформы fp4060-05-pt и тд. Данные устройства требуют высоких характеристик к подключаемым ПК, а также не являются мобильными (но есть возможность переноса с места на место). Также существует похожее устройство, разработанное для спортсменов, в особенности бегунов – Runvi и DigiSole. Но покупка такой стельки вместе с приложением обойдется больше чем в 8 тыс. руб.

В данном случае разработка стельки не затратит и тысячи рублей. Так ее сможет позволить себе обычный пользователь без специальных навыков и знаний. Схема стельки проста и экономична, что делает ее устойчивой к сбоям.

2 Устройство стопы

Стопа – это один из самых важных элементов опорно-двигательной системы человеческого организма. В опорной структуре каждый сустав зависит от ближайшего к нему, поэтому изменения в одном из них неизменно приводят к нарушению остальных. Стопа также является одним из центров сосредоточения биологически активных точек.

Внешне ступня делится на три отдела: предплюсна, плюсна и фаланги пальцев. Предплюсна и плюсна образуют свод стопы – часть стопы, образующая подъем ступни. При развитии ноги, соответствующей норме, свод не соприкасается с поверхностью, на которой стоит человек.

Все кости защищены мышцами, которые образуют гладкую поверхность подошвы. Она имеет три точки опоры костей: большой палец (головка первой плюсневой кости); головка 5-й плюсневой кости (мизинец); основание пяточного бугра. В этих местах кости дополнительно защищены небольшими подушечками жировой ткани. Эти опоры соединены между собой системой арок, которые образуют поперечный свод стопы. Он и его нахождение относительно оси являются важными характеристиками при диагностике ее нормального строения.

При обычной ходьбе усилия должны прилагаться следующим образом: в первую очередь с землей соприкасается пятка, затем боковой край (но не свод), после – подушечка стопы и в самом конце большой палец.

Всего стопа выполняет четыре задачи:

- адаптация к поверхности. Стопа позволяет человеку перемещаться не только по идеально ровной земле, но и по неровностям;
- поглощение энергии удара во время шага или бега. Если бы ступня не скрадывала лишнюю энергию, при ходьбе страдала бы вся нога. Удары скрадываются за счет специфических вращательных движений (Рисунок 1);
- передачу вращательного момента другим составляющим опорно-двигательной системы и, соответственно, упрощение передвижения;
- перераспределение энергии при отталкивании от плоскости. Стопа как бы аккумулирует полученные от ноги усилия и позволяет сделать шаг.

Рисунок 1

3. Основные проблемы опорно-двигательного аппарата

Очень многое зависит от того, насколько правильно выполняются эти функции. Неверное распределение нагрузки быстро станет причиной преждевременного изнашивания суставов, ослаблению или перегрузке мышц и, как следствие, к проблемам со всем опорно-двигательным аппаратом.

Наибольшее влияние на стопу человека оказывается в следующие периоды жизни:

- первые шаги. В этот период возможна коррекция врожденных дефектов с наименьшими последствиями, поэтому важно отслеживать, правильно ли ребенок ставит ногу;
- возраст 6—8 лет. Ребенок идет в школу, а потому нагрузка на организм сильно увеличивается. Неправильная походка быстро скажется на здоровье всего организма;
- подростковый возраст, когда человек быстро растет. Тело не всегда успевает приспосабливаться к изменениям, поэтому стопа может деформироваться;
- 30—35 лет. Особенно в этот период страдает женская стопа. Каблуки, дающие повышенную нагрузку, а также беременности, негативно сказываются на состоянии ног. Мужчины начинают «сдавать» после 35 лет: из-за возрастного снижения эластичности мышечного корсета, стопа деформируется;
- после 50 лет. Снижается прочность костей и изменяется гормональный фон, что влияет на кости.

По данным РНИМУ (Российского Национального Исследовательского Медицинского Института) им. Пирогова от 40 до 60% населения России подвержены плоскостопию. Из них, женщин в 4 раза больше, чем мужчин.

По медицинской статистике РОСЗДРАВА: - к двум годам у 24% детей наблюдается первые признаки плоскостопия, - к четырем годам — у 32%, - к шести годам — у 40%, - к двенадцати годам – 50% (каждому второму подростку ставят диагноз плоскостопие), - к двадцати годам – 60%.

Основными причинами заболевания стопы является ее перегрузка. Структура нагрузки на стопу и ее несоответствие норме могут негативно повлиять на весь скелет. Сначала проблемы возникают собственно в стопе. Перегрузка заставляет кости утолщаться на некоторых участках, мышцы тоже изменяют тонус, так как им приходится удерживать ногу не так, как это предполагается природой. Подобные изменения могут возникать как при обычных перегрузках (например, у спортсменов, совершающих специфические движения ногами или постоянно получающих травмы, связанные с подвертыванием стопы), так и при неправильной ходьбе.

Болезни стопы несут опасность для всего организма. Строение, состояние, развитие ступней определяют индивидуальные способности человека – механику ходьбы и бега. Нагрузка на этот отдел самая высокая (в плане архитектуры человек из-за малой площади соприкосновения с поверхностью при действующей силе притяжения рассматривался бы как априори неустойчивая конструкция, а он стоит, двигается, прыгает, ходит по канату). Все это к тому, что здоровье ступней очень многое определяет в нашей жизни.

Вот лишь краткий список патологий, которым подвержены человеческие ступни:

- артриты и артрозы;
- плоскостопие и косолапие;
- бурсит, тендинит;
- остеохондропатия;
- повреждения, растяжения, надрывы связок/сухожилий, травмы мышц;
- крючковидные пальцы;
- пяточная шпора;
- деформация костей;

Следующим этапом изменения ноги становится компенсация микротравм. Неверное положение стопы неизменно приводит к трению костей, истощению суставов, нагрузке на места, которые не защищены жировыми прослойками. Это заставляет организм защищать кости с помощью жировиков, утолщений, а они в свою очередь еще больше меняют стопу. Все это приводит к уменьшению свода,

перераспределению усилий и изменению точек опоры. Если основная нагрузка приходится не на внешнюю сторону стопы, результаты таких изменений плачевны:

Немалую роль в изменении стопы играют высокие каблуки, из-за них длительное время при неудобной постановке в обуви нога находится в неверном положении. Масса тела перераспределяется на передний отдел стопы, заставляя его принимать всю нагрузку на себя. Это увеличивает напряжение поперечного свода и может стать одной из причин деформации большого пальца.

Обувь без каблука на слишком плоской подошве тоже не лучший вариант. Она одновременно ограничивает подвижность стопы, но не дает дополнительных преимуществ: не амортизирует удар, не поддерживает ногу, не снимает напряжение с мышц и сухожилий.

Так как в норме у человека имеются два свода, различают несколько степеней продольного и поперечного плоскостопия. Помимо разницы в признаках, имеются общие черты, которые характерны для обоих видов плоскостопия (Рисунок 2).

1 степень: В целом напоминает косметический дефект, который легко поддается лечению

2 степень: Помимо признаков, характеризуется наличием других жалоб со стороны пациента (изменение походки, косолапость, боли в стопе и голеностопном суставе)

3 степень: Характеризуется деформацией стопы и наличием осложнений

Продольное плоскостопие встречается чаще, чем поперечное, и бывает как у детей, так и у взрослых, особенно с избыточным весом. При поперечном плоскостопии этот свод уплощается, а длина стопы немного укорачивается. Как выглядит плоскостопие в этих случаях? Пальцы на ногах становятся похожими на молоточки, а на стопе появляются косточки и так называемые натоптыши. Эта разновидность болезни у детей встречается редко, а у взрослых проявляется в возрасте от 30 до 50 лет.

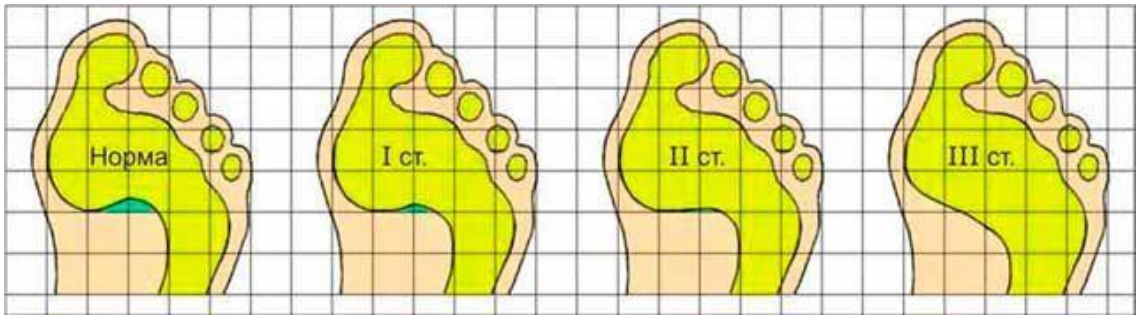

Рисунок 2

4. Методы исследования болезней стоп

Многие недуги можно отследить в самом начале их развития и скорректировать нехирургическими методами. К наиболее частым признакам изменения стопы относятся различные болезни суставов.

В первую очередь выясняют историю заболевания и основные жалобы пациента. Определяются места наибольшей болезненности в области первого и других плюснефаланговых суставов, а также условия возникновения и продолжительность боли. Важно выяснить, что является причиной страдания. Связано ли это с ношением определенной обуви, особенностями строения или состояния стопы. Кроме того, должны быть приняты во внимание состояние сосудистой сети, костно-мышечной системы, кожи и неврологического статуса конечности.

При визуальном осмотре определяют: локализацию деформации, степень деформации, наличие или отсутствие кожных изменений, наличие других видов статической патологии стопы.

В зависимости от результатов осмотра находится пальпаторное исследование стопы, при котором выясняют: степень эластичности стопы, участки наибольшей болезненности, объем движений в заинтересованных суставах и так далее.

Стандартными обследованиями являются рентгенография и рентгенометрия. Такое обследование позволяет определить все параметры, необходимые для выбора вида и объема оперативного вмешательства. Внимание хирургов-ортопедов должно быть сфокусировано на базовых рентгенологических параметрах, которые необходимо учитывать при чтении стандартных рентгенограмм стопы, поскольку игнорирование ряда из них приводит к фатальным ошибкам при операции на стопах.

Внимание хирургов-ортопедов должно быть сфокусировано на базовых рентгенологических параметрах, которые необходимо учитывать при чтении стандартных рентгенограмм стопы, поскольку игнорирование ряда из них приводит к фатальным ошибкам при операции на стопах.

5. Плантография и подометрия

Плантография является одним из наиболее простых и информативных методов исследования стопы по отпечатку подошвы. Отпечаток стопы позволяет не только определить наличие плоскостопии, но и выяснить распределение нагрузок на отдельные кости.

Разными авторами предложено множество способов получения необходимых отпечатков, многие из них доказали эффективность метода при изучении результатов лечения повреждений и заболеваний стоп. В последние годы метод получил развитие с обширным использованием компьютеров.

Плантография и подометрия, характеризуют не степень развития костного свода стопы, а всю совокупность рельефа тканей в этой области в горизонтальной плоскости. Целью применения данных методик является возможность объективизировать результаты хирургического лечения и сделать вывод о применении в дальнейшем ортезных приспособлений.

Виды плантограмм при нарушении формы стопы представлены на рисунке 3.

Рисунок 3

Подометрическая система исследования – это метод оценки всех отделов стопы для выявления риска развития нарушений (плоскостопие, бугристость), правильности распределения нагрузки во время ходьбы и бега. Объективное исследование проводится врачом-ортопедом с применением специальных приборов и компьютерной техники (цифровое сканирование отпечатка ноги). Определяют

«подометрический индекс стопы» для постановки диагноза плоскостопия или подтверждения нормального анатомического продольного изгиба (Рисунок 4).

Рисунок 4

Используя способ подометрии, можно измерить приложение точек давления тела, распределение равновесия на нижние конечности, стабильность расположения корпуса относительно оси равновесия, функцию походки для определения нагрузки на голеностоп в процессе передвижения.

Применяя компьютерный метод, можно определить малейшие нарушения в виде уплощения или углубления, измерять уровень давления и точки приложения давящей силы, узнать адекватность распределения массово показателя на равновесие голеностопа при ходьбе. Отличия давление на правую, левую ногу, степень укорочения одной из конечностей.

Плантография стоп - полная биомеханическая характеристика подошвенной поверхности стоп при статической и динамической нагрузке. Позволяет оценить состояние опорной поверхности стопы, а также определить степень уплощения продольного и поперечного сводов.

Методов оценки плантограмм по определению плоскостопия достаточно много. Например: методика С.Ф.Годунова, О.В.Козырева, И.М.Чижина, В.А Яралова – Яроланда и др. Все эти методы имеют свои достоинства и недостатки. Проводить количественный анализ исследования плоскостопия и определения его степени по плантограмме достаточно достоверно и наглядно.

С 2001 года Кузнецовым С.В. создана система цифровой стерео-фотоплантографии. Автором разработана система детального анализа всех параметров стопы (Рисунок 5).

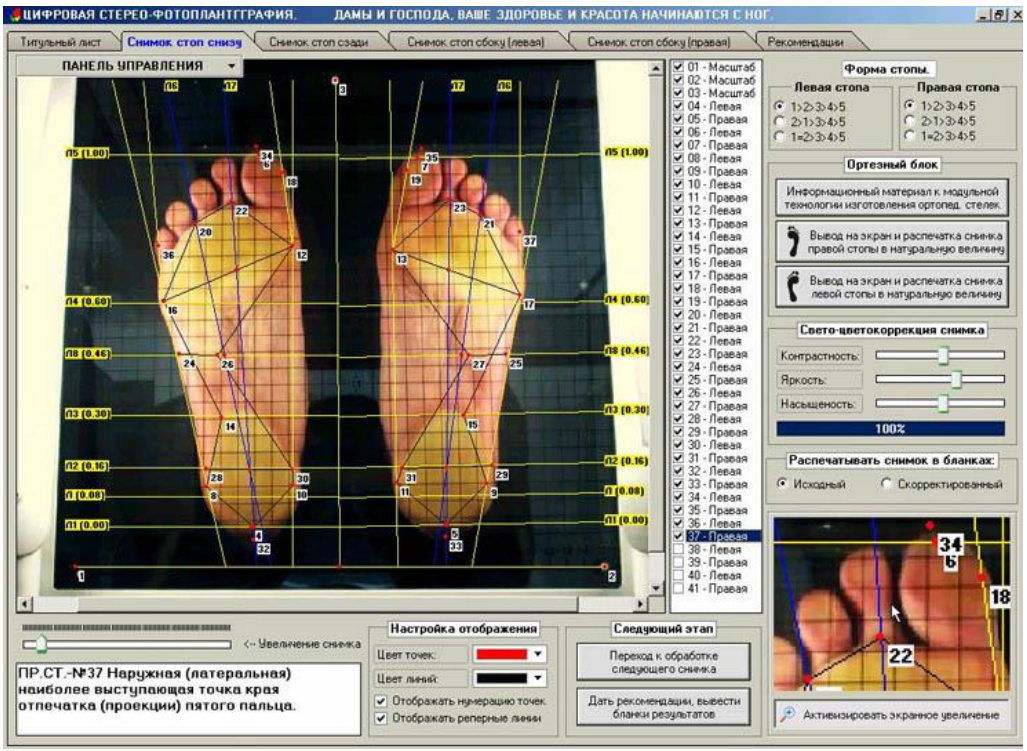

Рисунок 5

Диагностика патологии опорно-двигательного аппарата с использованием подометрической системы, несомненно, обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами (изучение отпечатков стоп на стекле, подографе, бумаге, сканирование стоп), так как дает возможность определить площадь опоры стопы, участки максимального, минимального, среднего давления под стопой и дискретную величину давления на отдельных опорных участках стоп (Рисунок 6).

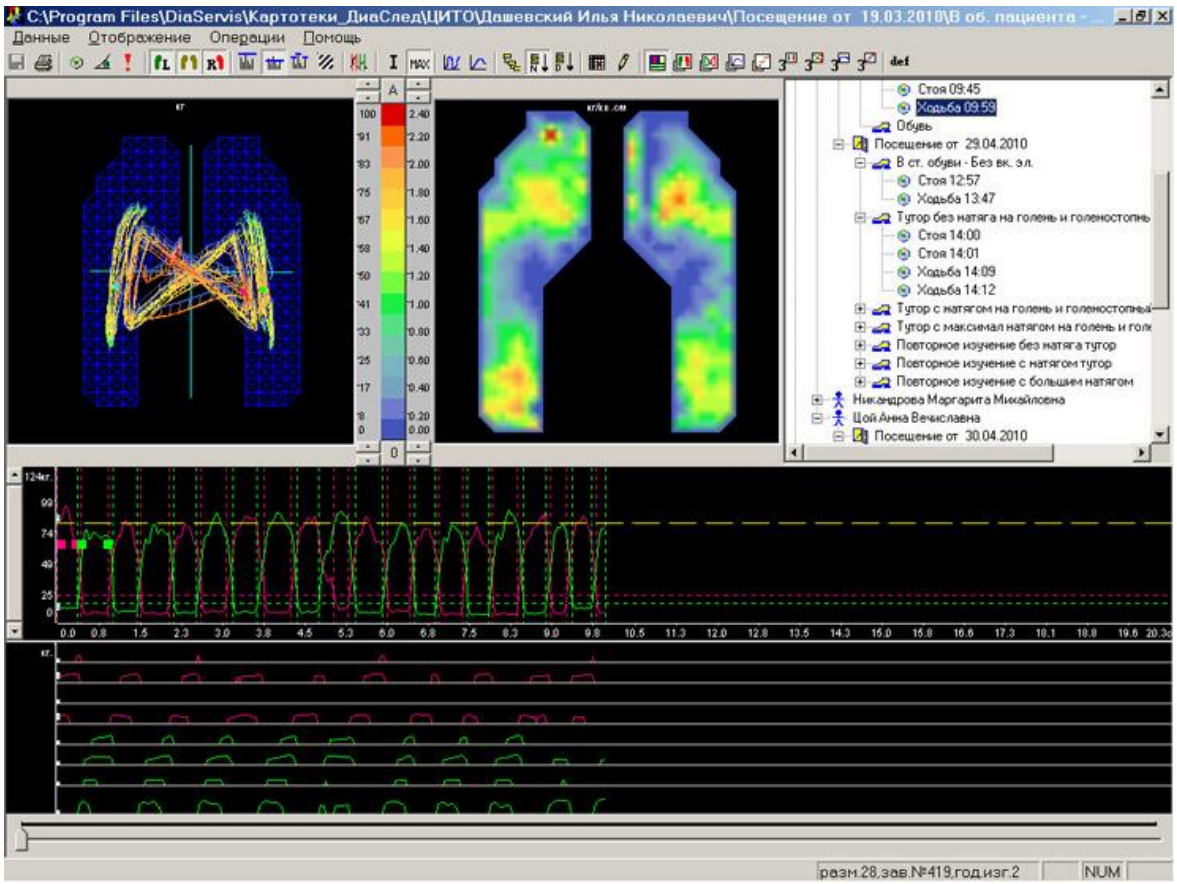

Рисунок 6

6 Разработка «Умных стелек»

6.1 Arduino Pro Mini

Для создания «Умных стелек» было решено использовать самую маленькую из представителей специализированной электронной платформы в виде микросхемы, предназначенной для разработки электронных устройств. Данная плата обладает всеми необходимыми характеристиками:

- рабочее напряжение, требуемое для нормальной работоспособности – 3,3 и 5 Вольт;
- количество цифровых входов и выходов – 14 штук, 6 из которых эксплуатируются как выходы ШИМ;
- Arduino pro включает i2c-интерфейс;
- размеры платы (Рисунок 7)

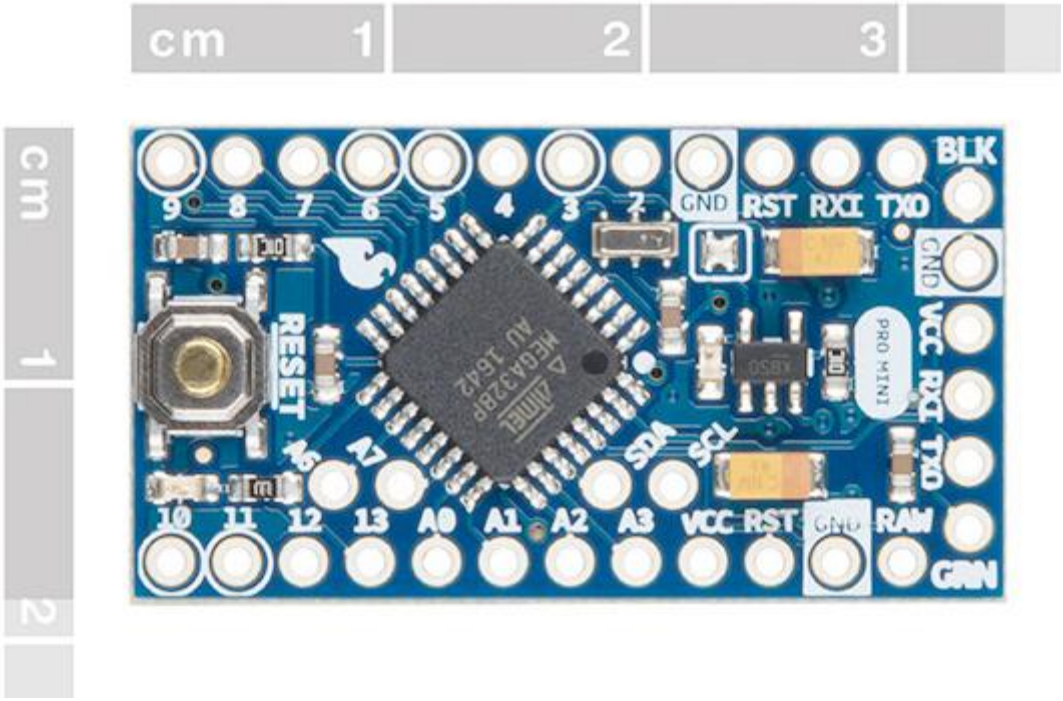

Рисунок 7

На рисунке 8 представлена распиновка Arduino Pro Mini.

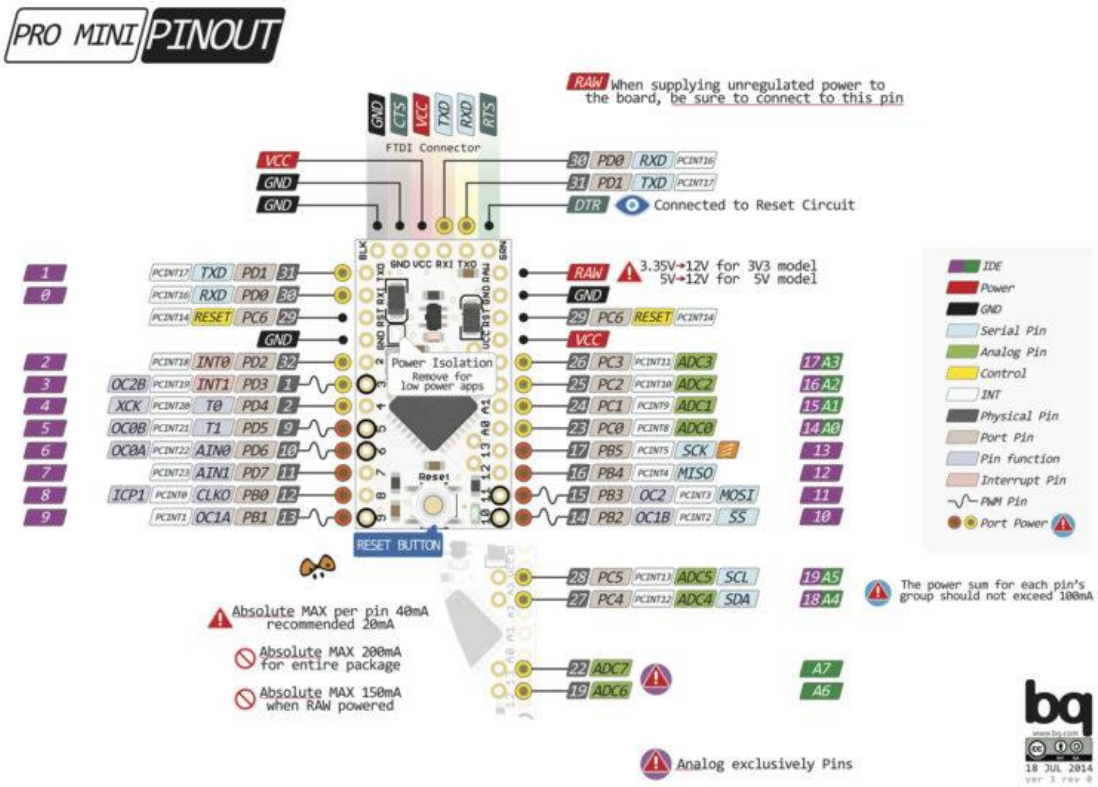

Рисунок 8

6.2 ESP8266

Совместно с Arduino Pro Mini используется модуль Wi-Fi ESP8266 (Рисунок 9). Платы на ESP8266 – это не просто модули для связи по Wi-Fi. Чип является микроконтроллером со своими интерфейсами SPI, UART, а также портами GPIO, а это значит, что модуль можно использовать без Arduino.

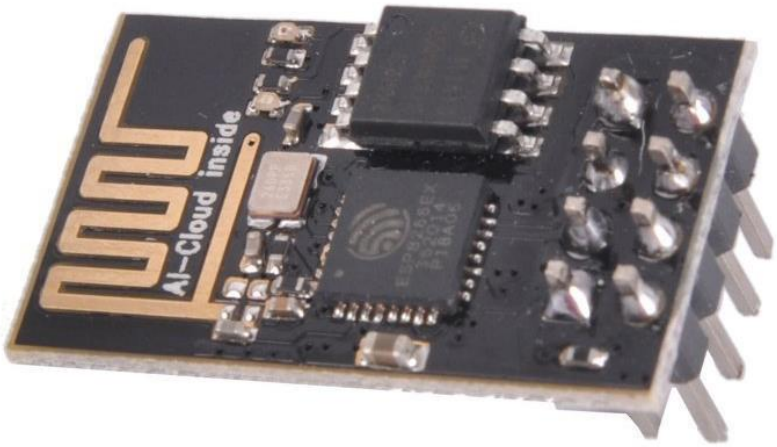

Рисунок 9

Расположение порто представлено на рисунке 10 ниже.

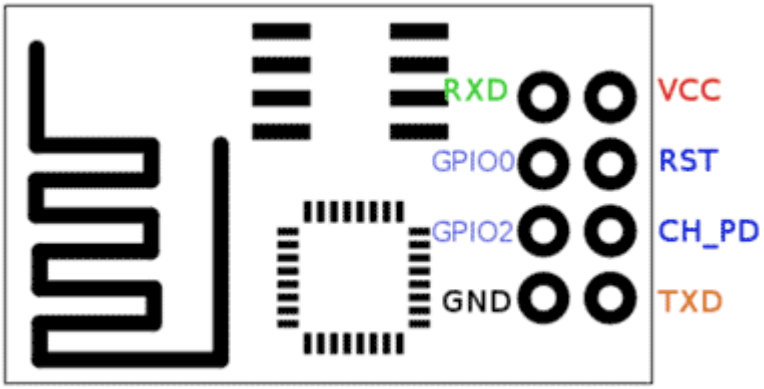

Рисунок 10

ESP8266 подключается к Arduino Pro Mini довольно просто:

1. Вывод 3.3V подключаем к питанию;
2. Соединяем GND с землей;
3. RX к 0 порту;
4. TX к 1;
5. CH_PD к питанию;

ESP8266 будет использоваться в качестве передатчика данных от Arduino на телефон или любое другое устройство. Данный Wi-Fi модуль позволяет создать Web-

интерфейс. Через него будет легко получать и анализировать данные получаемые с датчиков.

6.3 Резистивные датчики давления

Резистивные датчики давления (Force Sensitive Resistors(FSRs)) - это датчики, которые позволяют оценить уровень давления, силу нажатия и вес.

Датчик (Рисунок 11) состоит из двух слоев, которые разделены свободным пространством (spacer). Резистивные датчики давления по сути являются резисторами, которые меняют значение своего сопротивления (в Ом) в зависимости от силы нажатия на чувствительный элемент. Чем больше сила прикладывается, тем лучше становится контакт между рисками активных элементов и полупроводником. Когда внешняя нагрузка отсутствует, сенсор представляет из себя резистор с бесконечным сопротивлением (не замкнутая цепь). С увеличением давления, сопротивление уменьшается.

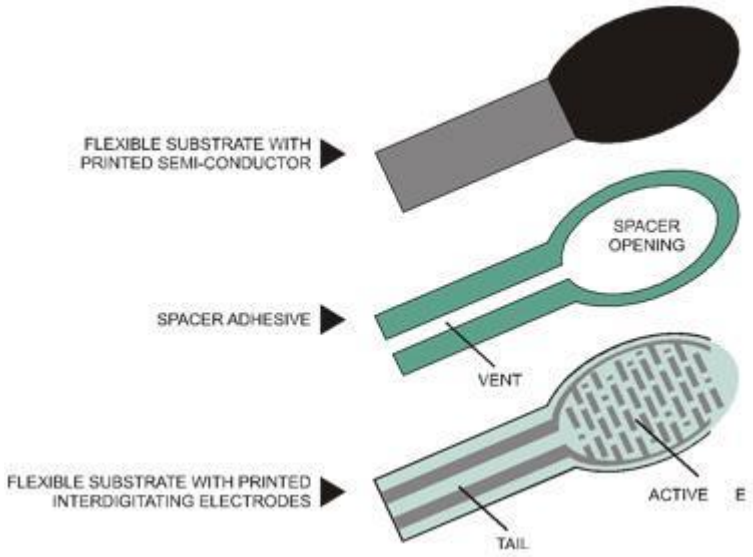

Рисунок 11

На рисунке 12 ниже представлено подключение данных датчиков к Arduino, на которой имеются порты с АЦП, необходимые для корректного сбора данных.

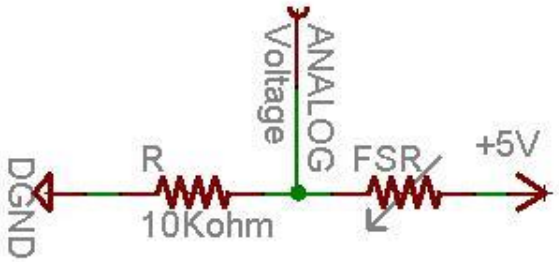

Рисунок 12

7 Заключение

В результате проделанной работы мы получили действительно «умное» устройство, способное снимать показание с датчиков и выводить с помощью Web-интерфейса на экран любого устройства. Данные с датчиков будут отображать процентное соотношение давления на разных участках поверхности стопы. Данные стельки будут полезны для проведения медицинских исследований опорно-двигательного аппарата и диагностирования различных заболеваний, связанных со стопами. «Умные» стельки смогут предупредить дальнейшее развитие заболеваний, а также с развитием данного направления исследований можно будет создать приложение, сообщающее своему «хозяину» о возможных отклонениях от нормы.

8 Используемые источники:

1. https://ortopedsm.ru/zdorovie-nogi
2. http://www.medcom.ru/stopa/
3. https://diers.eu/ru/продукция/видео-анализ-походки/diers-leg-axis/
4. https://diers.eu/ru/продукция/анализ-ног/diers-pedoscan/
5. http://developer.alexanderklimov.ru/arduino/playground/uno_esp8266wifi.php
6. https://arduinoplus.ru/arduino-pro-mini/