

УДК 004

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЕГО БУДУЩИХ СОСТОЯНИЙ

Вязников И.В., студент гр. ЭОП-11м, I курс

Научный руководитель: Ударатин А.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры
электрооборудования

Вологодский государственный университет
г. Вологда

Аннотация

В данной статье предложен проект устройства для неинвазивного измерения артериального давления на основе фотоплетизмограммы и предсказаний патологических изменений в организме на основе обучающейся нейронной сети. Разработана предварительная структурная схема устройства, которое предоставляет возможность следить за состоянием пациента в реальном времени и по динамике изменения артериального давления предсказывать фатальные для пациента последствия.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения за 2015 год сердечно-сосудистые заболевания являются главной причиной смертности в мире. За этот год ишемическая болезнь сердца и инсульты, в общем и целом унесли жизни 15-ти миллионов человек. Уже больше 15-ти лет сердечно-сосудистые заболевания являются первыми из списка причин смерти на планете[1]. Поэтому особо важно, вовремя диагностировать намечающиеся патологические изменения в кровеносной системе и в организме в целом.

Одним из клинических показателей является артериальное давление (АД). Существует множество способов его определения, одним из самых простых в которых является фотоплетизмограмма. По скорости нарастания давления можно спрогнозировать развитие гипертензии в ближайшее время в острой фазе (гипертонический криз)[2]. Эти данные могут помочь спасти человеку жизнь или уменьшить риски осложнений после криза.

Целью данной работы является разработка проекта аппарата для отслеживания и предугадывания внезапных и опасных скачков артериального давления, что может вылиться в гипертонический криз. Для достижения заявленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработка примерной внутренней конструкции устройства для неинвазивного измерений артериального давления на основе фотоплетизмограммы;

2. Разработка методики обучения нейронной сети для анализа результатов измерений и построения предположений о развитии гипертонического криза.

Перед началом использования устройства врачу необходимо снять общепринятым точным способом (при помощи манжетного тонометра) артериальное давление пациента. Эти данные необходимы для настройки правильной работы проектируемого устройства, то есть верификации полученных результатов измерения давления результатами, полученными с помощью «манжетного» способа [2].

В настоящее время широкое распространение получило использование искусственных нейронных сетей для построения математических моделей сложных нелинейных процессов, распознавания образов и прогнозирования сигналов[3]. Данный метод измерения АД и прогнозирования характера его изменения основывается на нейронной сети, которая работает на снимаемых данных плетизмограммы пациента, а обучается предварительно на данных снятых с больного манжетным способом. Сеть реализована в среде для глубинного обучения Caffe. Разберём по порядку, как работает эта нейронная сеть. В первую очередь происходит чтение файла с показаниями, следом получаем вектор со значениями плетизмограммы. Используя этот вектор и множитель для нормализации, чтобы привести данные получаемые с устройства к формату обучаемых данных, получаем вектор давлений. Тут же в параметрах вектора давления задаётся размер пика, который не будет считаться шумовым.

Плетизмограмма делится на куски, размер которых зависит от количества в каждом из них пиков. Данные временных рядов кодируются в изображения разных типов, а именно GAF (GramianAngularFields) и MTF(MarkovTransitionFields). Изображения обрабатываются в заранее обученной сверточной нейронной сети. Из первого полносвязного слоя сети извлекается вектор признаков. Он необходим для функционирования моделей на основе алгоритма машинного обучения «случайный лес» (уже обученного) с помощью, которых определяются систолическое и диастолическое давления.

В дальнейшем требуется набрать как можно больше клинических данных для обучения нейронной сети. Необходимо определить более точно зависимость плетизмограммы от давления, измеряя АД с помощью манжетного тонометра и проектируемого устройства и сравнивая результаты.

По данным плетизмограммы, т.е. по изменению уровня поглощения сосудом инфракрасного и/или красного света в зависимости от наполняемости его кровью, можно определить время распространения пульсовой волны (pulsewavetransittime, PWTT) от одного участка артерии до другого. Скорость пульсовой волны (pulsewavevelocity, PWV) можно определить отношением расстояния между этими двумя участками к необходимому для прохождения времени. Скорость пульсовой волны и время распространения пропорциональны жёсткости стенке сосуда. При большом

росте артериального давления стенка артерии становится жёсткой из-за увеличения тонуса сосуда, время распространения пульсовой волны уменьшается. При уменьшении АД сосудистый тонус уменьшается, и время распространения увеличивается[4].

Чтобы узнать время распространения пульсовой волны необходимо измерять одновременно с пульсовой волной плетизмограммы электрокардиосигнал (ЭКГ). Берётся отрезок времени, в котором за начало отсчёта принимается максимум R-зубца ЭКГ, а второй точкой является начало пульсовой волны плетизмограммы (рисунок 1). Данный метод обозначается аббревиатурой R-PWTT[4]. Между временем распространения пульсовой волны и артериальным давлением существует линейная зависимость, которая и позволяет определить давление и предсказать его динамику[2].

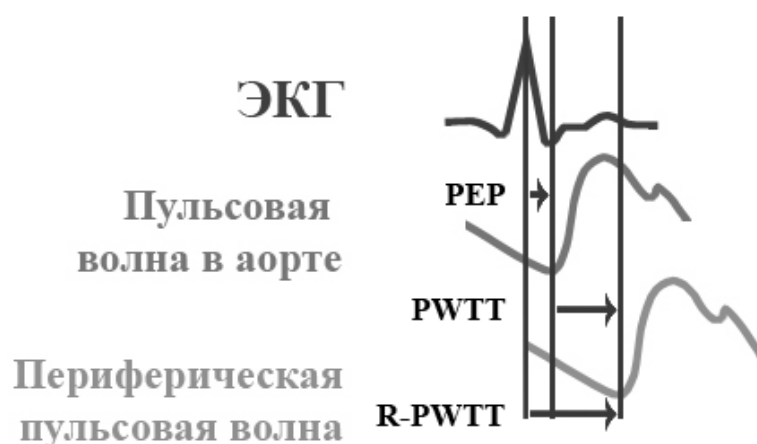
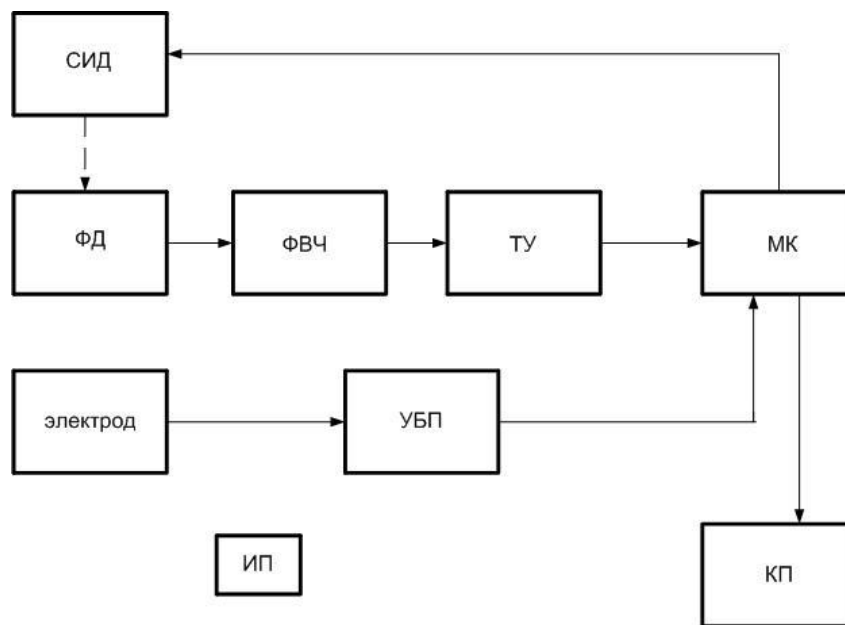


Рисунок 1 – Определение времени распространения пульсовой волны

Фотоплетизмография является наиболее простым из способов определения пульсовой волны. Для реализации этого способа необходим фотоплетизмографический датчик, работающий в ближнем инфракрасном диапазоне. В качестве излучателей, так как спектральная характеристика поглощения света кровью в артерии имеет высокую крутизну, надо применять светодиоды, обладающие небольшим разбросом длин волн излучения. Инфракрасный светодиод питается токовыми импульсами, формируемыми в микроконтроллере. Широкополосный кремниевый фотодиод применяется как приёмник, он обладает достаточной чувствительностью в необходимом диапазоне, низким уровнем шумов и быстродействием. Данный датчик рефлектометрический, т.е. он регистрирует свет, отражённый от исследуемого участка[5]. В фильтре верхних частот выделяется переменная составляющая сигнала пульсации артериальной крови, а постоянная составляющая отсекается. Далее сигнал попадает в трансимпедансный усилитель, а следом в микроконтроллер, где происходит его преобразование в цифровую форму и первичная обработка. Микроконтроллер для подключения устройств Интернета вещей с помощью технологии беспроводной передачи Bluetooth передаёт данные на сервер или вычислительное устройство, где происходит уже конечная их обработка с помощью нейронной сети. Туда же

поступают данные снятые манжетным способом для корректировки значения артериального давления рассчитанного с помощью нейронной сети. Если же связь установить не удаётся, данные записываются на карту памяти для последующей передачи. После обработки результаты поступают пациенту или наблюдающему его врачу.

Устройство закрепляется у пациента на запястье или на шее (на сонной артерии)[2]. Рассмотрим приблизительную структурную схему устройства на рисунке 2.



СИД – светоизлучающий диод; ФД – фотодиод; ФВЧ – фильтр высоких частот;
 ТУ – трансимпедансный усилитель; УБП – усилитель биопотенциала;
 МК – микроконтроллер; ИП – источник питания; КП – карта памяти
 Рисунок 2 – Структурная схема устройства

Выводы:

1. Устройство для неинвазивного измерения артериального давления будет содержать плетизмографический датчик (на основе инфракрасного светодиода в качестве источника и фотодиода как приёмника) и электрод для снятия электрокардиограммы по одному отведению.
2. Нейронную сеть в обозримом будущем необходимо научить с помощью более достоверных данных. Её работа с конкретным пациентом будет настраиваться с помощью канала верификации.

Список литературы:

1. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс] // 10 ведущих причин смерти в мире: [сайт]. [2017]. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/ru/> (дата обращения: 23.02.2018).
2. Анисимов А.А., Юлдашев З.М., Бибичева Ю.Г. Безокклюзионная оценка динамики артериального давления по времени распространения пульсовой волны // Медицинская техника. 2014. № 2. С. 8-12.

3. Семенистая Е.С., Максимов А.В. О подходе к построению модели дистальных сосудов пригодной для оценки артериального давления // Инженерный вестник Дона. 2012. Т. 23. № 4-2 (23). С. 101.

4. Сальников В.Г., Ширинбеков Н.Р., Красносельский К.Ю., Александрович Ю.С. Фотоплетизмография и пульсовая оксиметрия [Электронный ресурс] // Место в практической и научной медицине: [сайт]. [2014]. URL: <http://xn--e1afbfljsem6k.xn--p1ai/pdf/platizmografiya.pdf> (дата обращения: 03.03.2018).

5. Федотов А.А., Акулов С.А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. – М.: Радио и связь, 2013. – 250 с.