



УДК 004.312.26
DOI 10.21685/2587-7704-2020-5-1-3



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Обработка кардиосигнала с использованием нейросетевых технологий

Н. В. Мясникова

Пензенский государственный университет, Россия, 440026 г. Пенза, ул. Красная, 40

О. С. Матвеева

Пензенский государственный университет, Россия, 440026 г. Пенза, ул. Красная, 40

Аннотация. Рассматривается алгоритм на основе нейросетевых технологий для обработки электрокардиосигнала. Под обработкой понимается удаление помех и артефактов из «зашумленного» сигнала. Рассмотрены основные преимущества использования алгоритма на основе нейронных сетей по сравнению с известными методами обработки (метод EMD, экстремальная фильтрация).

Ключевые слова: нейронная сеть, обработка, электрокардиосигнал, электрокардиограмма, артефакты.

Cardiac signal processing using neural network technologies

N. V. Myasnikova

Penza State University, 40 Krasnaya Street, 440026, Penza, Russia

O. S. Matveeva

Penza State University, 40 Krasnaya Street, 440026, Penza, Russia

Abstract. The article considers an algorithm based on neural network technologies for electrocardiogram (ECG) signal processing. Processing refers to the removal of interference and artifacts from a noisy signal. The main advantages of using an algorithm based on neural networks compared with known processing methods (EMD, extreme filtering) are considered.

Keywords: neural network, processing, cardiac signal, electrocardiogram, artifacts.

В настоящее время основной проблемой является смертность по причине сердечно-сосудистых заболеваний, поэтому активно разрабатываются, внедряются новейшие средства автоматизированной компьютерной диагностики, а также различные методы по обработке электрокардиосигнала (ЭКС). Недорогим, точным и одновременно очень популярным методом получения электрофизиологической инструментальной диагностики в кардиологии является электрокардиография.

Дистанционный телеметрический контроль функционального состояния человека по ЭКС стремительно развивается, поэтому диагностический процесс возможен не только с применением электрокардиографа, но и с применением различных гаджетов. Эти мобильные устройства стали популярны и получили широкое распространение в медицине, в частности в кардиологии.

Такие мобильные устройства нужны прежде всего для исследования, а также профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Данные устройства должны стать полезным аксессуаром в жизни людей, страдающих болезнями, связанными с сердечно-сосудистыми заболеваниями, ведь использование таких устройств может обезопасить или предостеречь пациента. Необходимо отметить, что за-

писываемые данные с таких мобильных устройств необходимо предоставлять врачу для консультации и дальнейшего лечения.

Кардиомонитор CardioQVark является ярким примером устройств, которые представляют собой мобильный ЭКГ-кардиограф. Он представляет собой чехол для iPhone, в котором на задней панели расположены датчики для снятия ЭКГ, а обмен данных осуществляется через восьмиконтактный разъем Lightning. Такой кардиомонитор очень прост в использовании. Необходимо лишь зарегистрировать профиль в приложении CardioQVark, надеть чехол на iPhone и снять ЭКГ путем приложения пальцев рук к датчикам, расположенным на задней панели. Данные из приложения CardioQVark возможно отправлять врачу для дальнейшей консультации онлайн.

В структуре сердечных циклов закодирована информация о функциональном состоянии миокарда. Кардиоциклы изменяются в процессе работы сердца, основными причинами этого являются влияние помех и артефактов. Такая информация о структуре сердца является неоднозначной. Поэтому проблема визуализации типовой модели кардиоцикла остается актуальной в настоящее время.

Обработка ЭКС разделяется на несколько пунктов:

- минимизация полезной составляющей ЭКС;
- удаление помех и артефактов;
- нормализация сигнала;
- уменьшение частоты дискретизации с помощью прореживания отсчетов сигнала;
- сохранение параметров обработанного ЭКС;
- выведение кривой ЭКС;
- последующий анализ.

Для составления диагноза врачу-кардиологу нужна точная локализация опорных точек каждого элемента ЭКС. Это значит, что под обработкой ЭКС подразумевается выделение полезного сигнала на фоне артефактов, помех, так как их наличие может снизить верность результатов ЭКС.

Для удаления помех и артефактов из ЭКС разработаны адаптивные методы, которые основаны на разложении ЭКС на составляющие с предварительным отбором тех, которые составляют полезный сигнал. К таким методам относится:

- метод EMD;
- метод экстремальной фильтрации (ЭФ).

Результаты разложения ЭКС на составляющие практически одинаковы, но метод ЭФ значительно эффективнее и проще, чем метод EMD. Алгоритм метода ЭФ имеет меньшую вычислительную трудоемкость.

Разложение ЭКС на составляющие в настоящее время возможно с помощью нейросетевых технологий. Искусственная нейронная сеть (ИНС) представляет собой математическую модель, которая по принципу построения, организации и функционирования схожа с биологической нейронной сетью живого организма. ИНС получила широкое распространение, так как её можно представить как систему соединенных и взаимодействующих искусственных нейронов, которые представляют собой простые процессоры. В такой нейронной сети конкретный процессор работает только с получаемыми сигналами и с сигналами, которые он посылает другим процессорам. Если соединить такие простые процессоры в одну большую сеть с управляемым взаимодействием, то они будут решать очень сложные задачи. Существуют разные точки зрения по применению ИНС, так как такие сети используются для решения широкого круга задач. Так как ИНС обучаются, а не программируются, то это является их главным преимуществом перед другими алгоритмами. А также они имеют высокое быстродействие, обладают легкой адаптацией к изменениям окружающей среды, устойчивы к шумам во входных сигналах. ИНС может выдать верный результат, даже если данные отсутствовали в обучающей выборке или были зашумленными или искаженными, так как при обучении сеть выявляет сложные зависимости между входными и выходными данными.

Использование сети радиально-базисных функций для выделения составляющих ЭКС в режиме реального времени было рассмотрено в работах А. А. Приймак [1]. С помощью таких сетей можно успешно адаптировать алгоритм к режиму реального времени методом покадровой обработки сигнала. Такая сеть может решать задачи диагностики и контроля состояния объектов, которые работают в реальном масштабе времени.

Для обработки кардиосигнала предлагается алгоритм выделения ЭКС с использованием динамических нейронных сетей, так как ИНС обладает множествами преимуществ, которые были рассмотрены выше.

Для работы алгоритма с использованием нейросетевых технологий необходимо два типа нейронной сети. Одна сеть должна быть обучена выделению знакопеременных составляющих, а вто-

рая – выделению сглаженных составляющих. Алгоритм с использованием нейронных сетей представлен на рис. 1.



Рис. 1

Соединив обученные сети в одну общую цепочку, можно решить сложные задачи по обработке сигнала. Когда первая нейронная сеть выделит сглаженную составляющую, она поступит на вход второй нейронной сети. Затем вторая нейронная сеть из полученной сглаженной составляющей выделит знакопеременные и сглаженные составляющие и так далее. Если будет найдена самая низкочастотная составляющая, то выделение закончится.

На рис. 2, 3 представлены результаты работы алгоритма с помощью нейронной сети на модели сигнала.

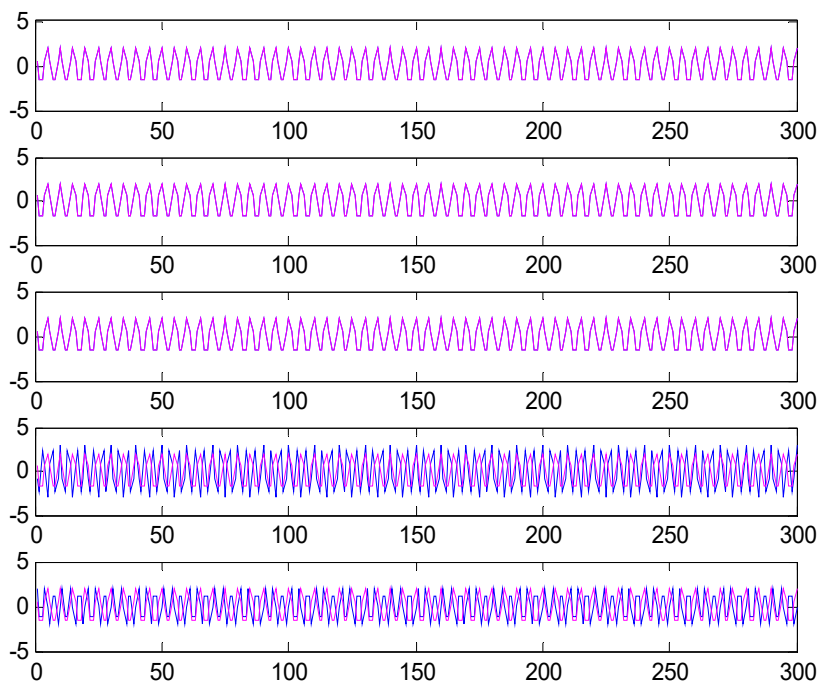


Рис. 2

Когда сети обучаются выделению составляющих, то на их вход подаются тренировочные последовательности точек сигнала, образцом можно считать составляющие, выделенные с помощью

метода EMD. На рис. 2, 3 можно наблюдать, что результат выделения с помощью нейронной сети совпал с результатом выделения с помощью метода EMD.

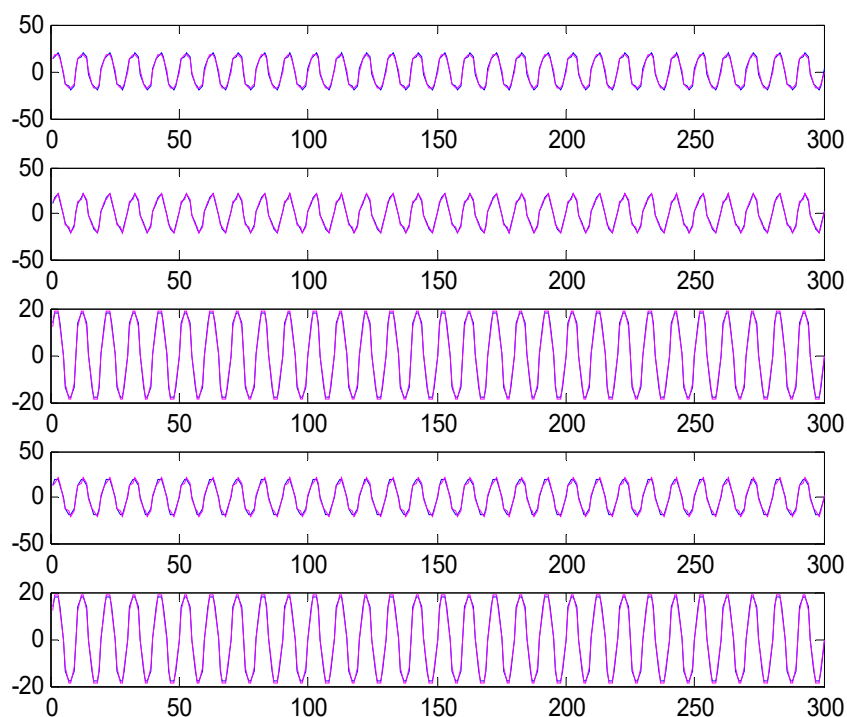


Рис. 3

Выделение составляющих с помощью нейронной сети на реальном сигнале из базы CardioQVark представлено на рис. 4.

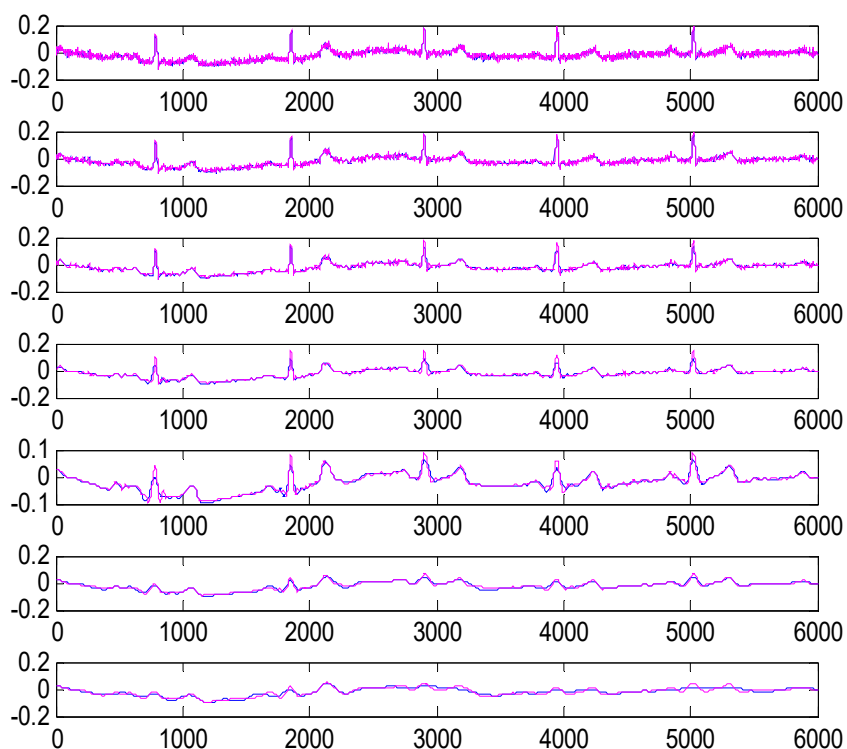


Рис. 4

На рис. 4 представлен результат выделения только сглаженных составляющих, так как при анализе ЭКГ достаточно использовать результаты только этого выделения.

На рис. 4 хорошо видно, что результат выделения с помощью нейронной сети совпал с эталонным выделением с помощью метода EMD.

Модель, выполненная в Simulink в среде Matlab, может быть представлена следующим образом (рис. 5).

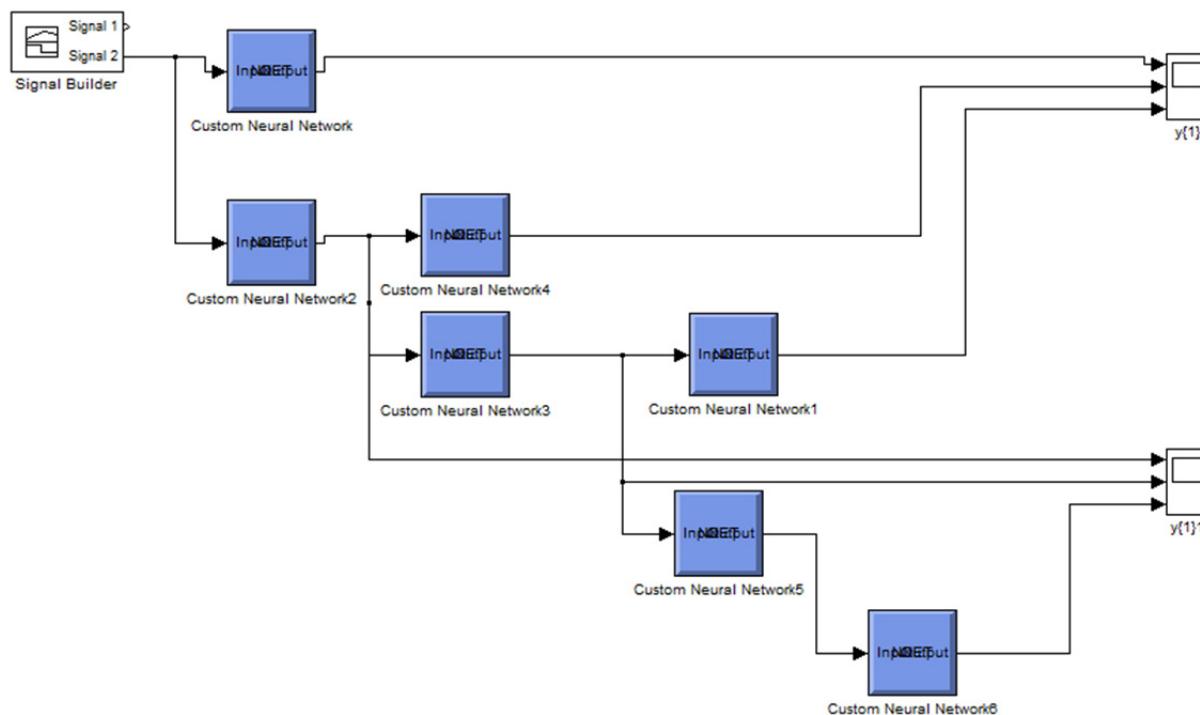


Рис. 5

Таким образом, с использованием нейросетевых технологий можно значительно упростить и ускорить процесс выделения составляющих сигнала. Кроме того, результаты работы сети не уступают результатам, выделенным с помощью метода EMD или методом экстремальной фильтрации. В дальнейшем по результатам выделения с помощью нейронной сети можно проводить мониторинг и диагностику протекающих изменений в объекте [2–5].

Библиографический список

1. Приймак, А. А. Использование нейронных сетей для выделения составляющих в режиме реального времени / А. А. Приймак // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2018. – № 2 (46). – С. 18–26.
2. Мясникова, Н. В. Особенности обработки кардиосигналов, зарегистрированных мобильными устройствами / Н. В. Мясникова, М. П. Берестень, Л. А. Долгих // Медицинская техника. – 2016. – № 3. – С. 22–25.
3. Мясникова, Н. В. Разложение на эмпирические моды на основе экстремальной фильтрации / Н. В. Мясникова, М. П. Берестень // Цифровая обработка сигналов. – 2014. – № 4. – С. 13–17.
4. Мясникова, Н. В. Методы разложения сигналов на основе экстремальной фильтрации / Н. В. Мясникова, М. П. Берестень, Л. А. Долгих // Датчики и системы. – 2011. – № 2. – С. 8–12.
5. Мясникова, Н. В. Применение разложения по эмпирическим модам в задачах цифровой обработки сигналов / Н. В. Мясникова, Л. А. Долгих, М. Г. Мясникова // Датчики и системы. – 2011. – № 5. – С. 8–10.

Образец цитирования:

Мясникова, Н. В. Обработка кардиосигнала с использованием нейросетевых технологий / Н. В. Мясникова, О. С. Матвеева // Инжиниринг и технологии. – 2020. – Vol. 5(1). – С. 1–5. – DOI 10.21685/2587-7704-2020-5-1-3.