

## **РАЗДЕЛ 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ**

- приборов [Текст] / А.С. Бессонов // Приборы. - 2011 - №. 1 - С. 17-25.
2. Харуби, Н. Автоматизация проектирования виртуальных приборов [Текст] / Н. Харуби // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2009.- №20.- С.161-165.
  3. Бессонов, А.С. Компьютерное моделирование средств измерений с использованием модулей расширения LabVIEW [Текст] / А.С. Бессонов // Ползуновский вестник. - 2012 - №. 2-1 - С. 74-77.
  4. MapleSim Connector for LabVIEW and NI VeriStand Software [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.maplesoft.com/products/toolboxes/labview\\_connector/](http://www.maplesoft.com/products/toolboxes/labview_connector/). - Загл. с экрана. - Яз. англ.
  5. Mathcad Interface VIs [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ni.com/example/29348/en/>. - Загл. с экрана. - Яз. англ.
  6. Кирьянов, Д.В. MathCAD 15/ MathCAD Prime 1.0 [Текст] / Д.В. Кирьянов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 432 с.: ил.
  7. Каганов, В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс: Учебное пособие. [Текст] / В.И. Каганов. - М.: Форум: ИНФРА-М, 2005. - 432 с.: ил.

*К.т.н., доцент Бессонов А.С.: alexsb64@newmail.ru; тел. +7-495-4349445 - Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматик*

УДК 004.021

### **ПРИМЕНЕНИЕ АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ПОМЕХ КАРДИОГРАММЫ, СВЯЗАННЫХ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПАЦИЕНТА**

А.В. Кайгородов

Удаление артефактов движения в электрокардиограмме (ЭКГ) является одним из важнейших факторов при исследовании измерений частоты сердечных сокращений в реальном времени в телеметрической медицине. Причиной артефактов, смещающих уровень сигнала, является смещение электродов в результате движения пациента. Поэтому был использован акселерометр для измерения ускорения колебаний или движения туловища, что позволило применить его в адаптивном фильтре. Эксперименты были промоделированы, чтобы продемонстрировать эффективность предложенного метода.

**Ключевые слова:** акселерометр, адаптивный фильтр, кардиография

#### **Введение**

Электрокардиограмма (ЭКГ) используется не только для диагностирования заболеваний сердечно-сосудистой системы и оценки эффективности медицинских препаратов, но также широко используется для диагностики апноэ сна или в качестве носимого монитора физиологического состояния[1,2]. ЭКГ часто подвержена влиянию различных видов помех, таких как линии электропередачи, артефакты движения, наложение сигнала электромиограммы и дрейф уровня сигнала из-за дыхания.

В последнее время портативные мониторы, включающие в себя микроконтроллеры, позволяют реализовать фильтры для шумоподавления в реальном времени. Тем не менее, артефакты движения, которые являются причиной сдвига уровня сигнала, вызваны изменениями импеданса контакта электрода с кожей из-за движения электрода. Как правило, причиной смещения является подвижность пациента. В частности, спектр артефактов движения полностью пересекается с ЭКГ-

сигналом, когда пациент бежит или ходит. Таким образом, артефакты движения являются самым сложным видом помех для фильтрации.

**Целью** данного исследования является создание модели портативного ЭКГ-рекордера, который должен использовать трехосный акселерометр для обнаружения движения объекта. Данные, полученные с акселерометра используются в качестве опорных для адаптивного фильтра. Полученные результаты показали, что адаптивный фильтр может уменьшить двигательные артефакты ЭКГ сигнала и позволяет четко определить QRS - комплекс на отфильтрованной кардиограмме.

Свойства аналогового или цифрового фильтра с фиксированными параметрами обычно определяются требуемой передаточной функцией. В свою очередь, передаточная функция определяет структуру фильтра и его вычислительную сложность. Если спецификацию к передаточной функции фильтра невозможно сформулировать заранее или спе-

*ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2014*

ПРИМЕНЕНИЕ АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ПОМЕХ КАРДИОГРАММЫ, СВЯЗАННЫХ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПАЦИЕНТА

цифровка может изменяться в процессе работы фильтра, то вместо фильтров с фиксированными параметрами целесообразно использовать фильтры с изменяемыми параметрами, например адаптивные фильтры.

На рисунке 1 показана схема адаптивного фильтра. Фильтр состоит из блока цифрового фильтра с регулируемыми коэффициентами и адаптивного алгоритма для настройки и изменения коэффициентов фильтра.

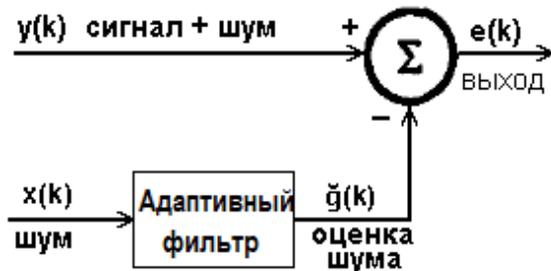


Рисунок 1 – Схема адаптивного фильтра

Входной сигнал  $y(k)$  фильтра, приведенного на рисунке 1, включает компоненту, коррелированную с со вторым сигналом  $x(k)$ , и полезную компоненту, некоррелированную с  $x(k)$ . Фильтр формирует из  $x(t)$  сигнал  $\hat{g}(k)$  - оптимальную оценку той части  $y(k)$ , которая коррелирована с  $x(k)$ , и вычитает ее из сигнала  $y(k)$ . Выходной сигнал:

$$e(k) = y(k) - \hat{g}(k) = y(k) - H^T X_k, \quad (1)$$

где  $H^T$  и  $X_k$  – векторы весовых коэффициентов фильтра и его входного сигнала. Возведём в квадрат левую и правую части уравнения, найдём математические ожидания обеих частей и получим уравнение оптимизации  $\epsilon$  выходного сигнала [3]:

$$\epsilon = \sigma^2 + 2P^T H + H^T R H, \quad (2)$$

где  $\sigma^2 = M[y^2(k)]$  – дисперсия  $y(k)$ ,  $P = M[y(k)X_k]$  – вектор взаимной корреляции,  $R = M[X_k X_k^T]$  – автокорреляционная матрица. Задачей алгоритма автоматической настройки является подбор таких весовых коэффициентов фильтра, которые обеспечивают работу в оптимальной точке адаптации[4]:

$$H_{opt} = R^{-1}P \quad (3)$$

Однако вместо вычисления (3) согласно алгоритму Уидроу-Холфа за один шаг используется алгоритм последовательного спуска в оптимальную точку при обработке каждой выборки [3]:

$$H_{k+1} = H_k - \mu e_k X_k, \quad (4)$$

$$e_k = y_k - H^T X_k \quad (5)$$

Условие сходимости к оптимуму:

$$0 < \mu < 1/\lambda_{max} \quad (6)$$

где  $\mu$  - параметр скорости спуска,  $\lambda_{max}$  – максимальное собственное значение ковариационной матрицы данных. Алгоритм адаптивной

фильтрации, основанный на формуле (4), получил название LMS (Least Mean Square, метод наименьших квадратов) [3,4]. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Зависимость среднеквадратичной ошибки от количества итераций адаптивного фильтра. С/Ш – сигнал/шум

Для того чтобы адаптивный фильтр решал на практике задачу оптимальной фильтрации необходимо, чтобы сигналы на его опорных входах содержали информацию о помехе и не содержали информацию о полезном сигнале[5]. Артефакты движения, являющиеся причиной сдвига уровня сигнала, вызваны изменениями импеданса контакта электрода с кожей из-за движения электрода. Таким образом, в качестве источника шумового сигнала возможно использование акселерометра, который должен быть размещён очень близко к электроду.

Также следует отметить, что применяя адаптивный фильтр в условиях ограниченных вычислительных способностей, количество итераций в адаптивном фильтре может составить значительную нагрузку на микроконтроллер, занимающийся обработкой получаемых данных, но в то же время большее количество итераций увеличивает точность фильтрации. Для исследования производительности адаптивного фильтра, к сигналу ЭКГ были добавлены различные артефакты движения (с соотношением сигнал/шум от 2,2

## РАЗДЕЛ 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

до 10,2 дБ). Кроме того, были сгенерированы показания датчика акселерации, имитирующие движения человека в этот момент.

Адаптивный фильтр использовался с различным числом итераций для уменьшения шума в записи ЭКГ. Рисунок 3 показывает, что значение среднеквадратичной ошибки между исходным и отфильтрованным сигналом возрастает при усилении уровня шума и стабилизируется при числе итераций  $\geq 60$ .

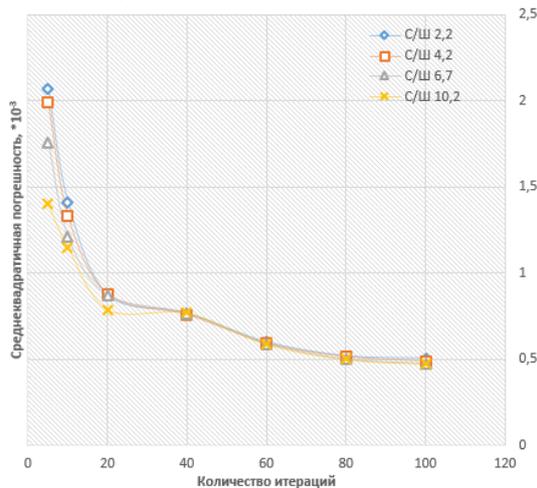


Рисунок 3 – Зависимость среднеквадратичной ошибки от количества итераций адаптивного фильтра. С/Ш – сигнал/шум

Т.к. адаптивный фильтр является нелинейным фазовым фильтром, отфильтрованный сигнал ЭКГ будет иметь некоторые искажения для зубцов Р и Т. Однако такого сигнала вполне достаточно для частоты сердечных сокращений в реальном времени [3,6].

Для этих целей сначала определяется интервал QRS, а затем по интервалу RR рассчитывается частота сердечных сокращений. Таким образом, если соотношение сигнал/шум для зубца R слишком мало, то ошибка определения частоты сердечбиений будет только увеличиваться. На рисунке 4 (а), можно определить зубцы Р и Т, однако смещение их относительно уровня сигнала будет гораздо сильнее, нежели смещение интервала QRS.

Поскольку адаптивный фильтр использует алгоритм наименьших средних квадратов для регулировки коэффициентов фильтра для оптимизации (4), амплитуда отфильтрованного ЭКГ должна стать меньше исходной в то же время значение величины сигнал/шум увеличивается.

### Выводы

В этой статье был предложен алгоритм для уменьшения влияния артефактов движения на ЭКГ который использовал акселеро-

метр для измерения ускорения вибраций или движения туловища. Оптимальный вес адаптивного фильтра может быть скорректирован с помощью алгоритма средних квадратов. Эксперименты показывают, что значение ошибки между исходной и отфильтрованной ЭКГ начнут сходиться к устойчивому значению после 60 итераций. Кроме того, данный алгоритм может быть использован для выделения интервала QRS.

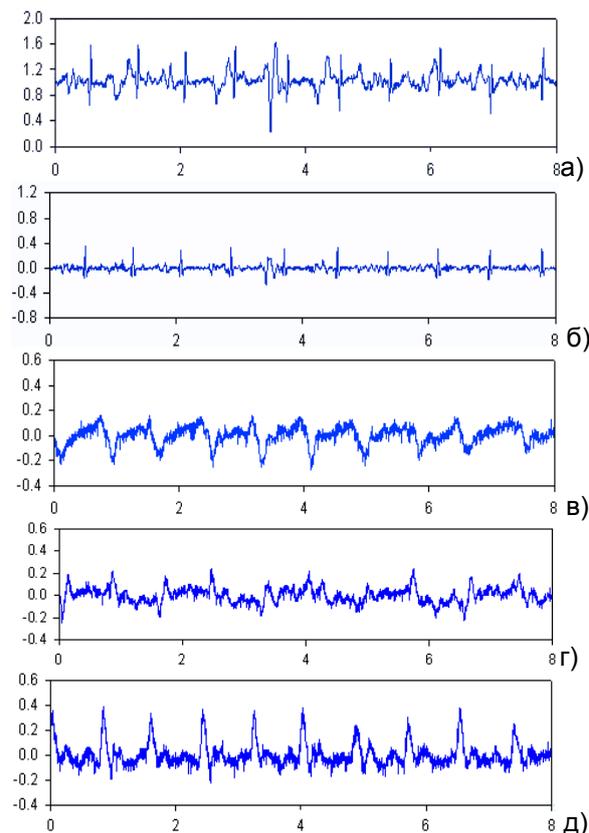


Рисунок 4. Производительность адаптивного фильтра: а) ЭКГ на входе; б) ЭКГ на выходе; в) сигнал акселерометра по оси X; г) по оси Y д) по оси Z

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lin, J. S. A physiological signal monitoring system based on an SoC platform and wireless network technologies in homecare technology [Текст] / J. S. Lin, S. Y. Huang, K. W. Pan and S. H. Liu // J. Med. Bio. Eng.- 2009. - №29. - С. 47-51.
  2. Kim, S. Development of a wearable system module for monitoring physical and mental workload [Текст] / S Kim, H. Nakamura, T. Yoshida, M. Kishimoto, Y. Imai, N. Matsuki, T. Ishikawa and T. Yamaguchi // Telemed. J. E-Health.- 2008.- №14. - С. 939-945
  3. Адаптивные фильтры [Текст] /Под ред. К.Ф.Н. Коуэна и П.М.Гранта. – М.: Мир, 1988, С. 392
- ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2014

## РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ И СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ АДАПТАЦИИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В РОССИЙСКИХ ВУЗАХ

4. Сергиенко, А.Б. Алгоритмы адаптивной фильтрации: особенности реализации в MATLAB [Текст] / А.Б. Сергиенко // Математика в приложениях – М.: 2003.- №1(1).- С.-18-28.
5. Уидроу. Адаптивные компенсаторы помех. Принципы построения и применения [Текст] / Уидроу и др. - ТИИЭР.- 1975.- т.63.- № 12.
6. Okada, M. Digital filter for the QRS complex detection [Текст] / M. Okada // IEEE Trans. Biomed. Eng.- 1979.- №26.- С.- 700-703

Аспирант **Кайгородов А.В.**,  
a.kgorodov@gmail.com - каф. вычислительных систем и информационной безопасности АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

УДК 37.002; 159.9

## РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ И СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ АДАПТАЦИИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В РОССИЙСКИХ ВУЗАХ

О.Г. Берестнева, О.Н. Фисоченко

В статье рассматривается задача по формированию критериев и показателей адаптации иностранных студентов, обучающихся в российских ВУЗах. На основе анализа результатов исследований по проблемам адаптации определен набор показателей для описания процесса адаптации иностранных студентов. Выбран инструментарий для измерения сформированного набора показателей.

**Ключевые слова:** адаптация иностранных студентов, статистический анализ, критерии и показатели адаптации, шкала измерения параметров, интегральная оценка

### Введение

Подготовка современных специалистов в вузах в соответствии с потребностями глобальной экономики немыслима без международного компонента. В современном глобальном мире активная международная деятельность вузов является залогом их устойчивого, успешно отвечающего вызовам современности развития. Как хорошо известно, одним из важных аспектов международной деятельности российских вузов является подготовка специалистов для зарубежных стран, в которой наша высшая школа имеет богатый опыт, отработанные временем методики и актуальные и сегодня традиции[11]. Таким образом, адаптация иностранных студентов стала важным фактором международной политики и экономики, игнорировать который в современном мире невозможно.

В отечественной литературе адаптация рассматривается как многоуровневый, динамичный процесс, имеющий свою структуру, последовательность и особенности протекания, связанные с определенной перестройкой личности в рамках включения в новые социальные роли. Однако, на сегодняшний день нет единого подхода к решению задачи оценки и прогнозирования адаптации иностранных студентов. Большинство работ по данной тематике относятся к области социально-психологических исследований и носят описательный характер[3].

Проблема исследования особенностей адаптации иностранных студентов к условиям жизни и обучения в России является особенно актуальной в современных условиях формирования международной образовательной системы. К субъектам деятельности, находящихся в условиях изменения социальной среды, несомненно, можно отнести и студентов (в первую очередь - иностранных). Поскольку обучение есть специфическая форма индивидуальной активности, обуславливающая поведенческие изменения, помимо указанных видов адаптации, для студентов особое значение имеет социально - профессиональная адаптация, уровень которой оценивается по целому ряду критериев, например, успеваемости, ориентации на будущую профессию, умению работать самостоятельно и т.д. Причины, определяющие уровень адаптации иностранных студентов, условно можно разделить на следующие [7]:

- объективные; обусловлены не учебной деятельностью и условиями жизни в отрыве от семьи и родины (новые формы обучения и контроля занятий, новый коллектив, новая обстановка и т.п.);

- субъективные (нежелание учиться, застенчивость и т.п.);

- объективно-субъективные (слабые навыки самостоятельной работы и самоконтроля и т.д.).

И. В. Ширяева определяет адаптацию иностранных студентов как «формирование устойчивой системы отношений ко всем ком-