



УДК 004.9

doi: 10.21685/2587-7704-2023-8-1-10



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Реализация алгоритма Пана – Томпкинса для анализа сигналов ЭКГ

Глеб Константинович Олейников

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
glebpenza97@gmail.com

Михаил Вячеславович Кравчук

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
denfortmike@gmail.com

Аннотация. Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смертности. Для выявления патологий сердца с XX в. используется электрокардиография. На данный момент для более эффективного определения заболеваний используются специализированные алгоритмы. Одним из таких алгоритмов является алгоритм Пана – Томпкинса. Он позволяет выявлять зубцы *R* в рамках кардиоциклов. Авторами рассматривается реализация алгоритма в среде SCILAB. Приведены результаты применения алгоритма для реальных сигналов из базы PhysioNet.

Ключевые слова: алгоритм Пана – Томпкинса, анализ, сигнал, QRS, SCILAB

Для цитирования: Олейников Г. К., Кравчук М. В. Реализация алгоритма Пана – Томпкинса для анализа сигналов ЭКГ // Инжиниринг и технологии. 2023. Т. 8 (1). С. 1–3. doi: 10.21685/2587-7704-2023-8-1-10

Implementation of Pan – Tompkins algorithm for ECG signal analysis

Gleb K. Oleynikov

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
glebpenza97@gmail.com

Michael V. Kravchuk

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
denfortmike@gmail.com

Abstract. Cardiovascular diseases are the main causes of death. Since the 20th century, electrocardiography has been used to detect heart pathologies. At the moment, specialized algorithms are used to more effectively determine diseases. One such algorithm is the Pan – Tompkins algorithm. This algorithm makes it possible to detect *R* waves within cardiocycles. This article discusses the implementation of the algorithm in the SCILAB environment. The results of applying the algorithm to real signals from the PhysioNet database are presented.

Keywords: Pan – Tompkins algorithm, analysis, signal, QRS, SCILAB

For citation: Oleynikov G.K., Kravchuk M.V. Implementation of Pan – Tompkins algorithm for ECG signal analysis. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2023;8(1):1–3. (In Russ.). doi: 10.21685/2587-7704-2023-8-1-10

Сердечно-сосудистые заболевания в настоящее время являются наиболее значимой проблемой. Они являются основной причиной смертности во многих странах, включая и экономически развитые. Наиболее часто встречающимися выделяют ишемическую болезнь сердца, гипертоническую болезнь, а также сосудистые поражения головного мозга. Заболевания сердечно-сосудистой системы характеризуются высоким процентом летального исхода [1, 2]. В нашей стране приблизительно 31 млн человек имеет заболевания сердечно-сосудистой системы. Порядка 25 % мужчин старше 44 лет подвержены сердечно-сосудистым заболеваниям [3]. В то же время установлено, что данная патология проявляется



и в более раннем возрасте [4]. Одним из основных способов борьбы с данной патологией является раннее выявление, своевременное лечение и профилактика.

Для выявления сердечно-сосудистых заболеваний используется электрокардиограмма (ЭКГ). Электрокардиограмма – это регистрация колебаний разности потенциалов, которые проявляются на поверхности возбудимой ткани при распространении волны возбуждения от сердца [5]. В основе анализа сердечно-сосудистых заболеваний лежит определение положения Q -, R - и S -зубцов, которые вместе образуют QRS-комплекс. Изменение в продолжительности QRS-комплекса приводит к нарушениям электрофизиологии и биомеханики сердца. По данному комплексу можно определить различного рода заболевания. Для детектирования QRS-комплекса используют различные алгоритмы, которые позволяют выявлять QRS-комплекс среди других частей ЭКГ. Примером одного из таких алгоритмов является алгоритм, основанный на производной, он позволяет определять QRS-комплекс, используя различные отведения ЭКГ.

В качестве примера была взята ЭКГ, размещенная на открытом исследовательском ресурсе для сложных физиологических сигналов PhysioNet [7]. Без применения специализированных алгоритмов для обнаружения комплексов QRS в электрокардиографических сигналах достаточно сложно определить, какое именно заболевание сердечно-сосудистой системы у человека, поскольку каждый сегмент ЭКГ имеет свои амплитудно-временные параметры, считающиеся нормальными. Для анализа ритма сердца также требуется надежно выделять зубец R для каждого кардиоцикла. На рис. 1 приведен пример применения алгоритма Пана – Томпкинса, которое позволяет выделить зубец R . Данные графики были получены при использовании программы SCILAB.

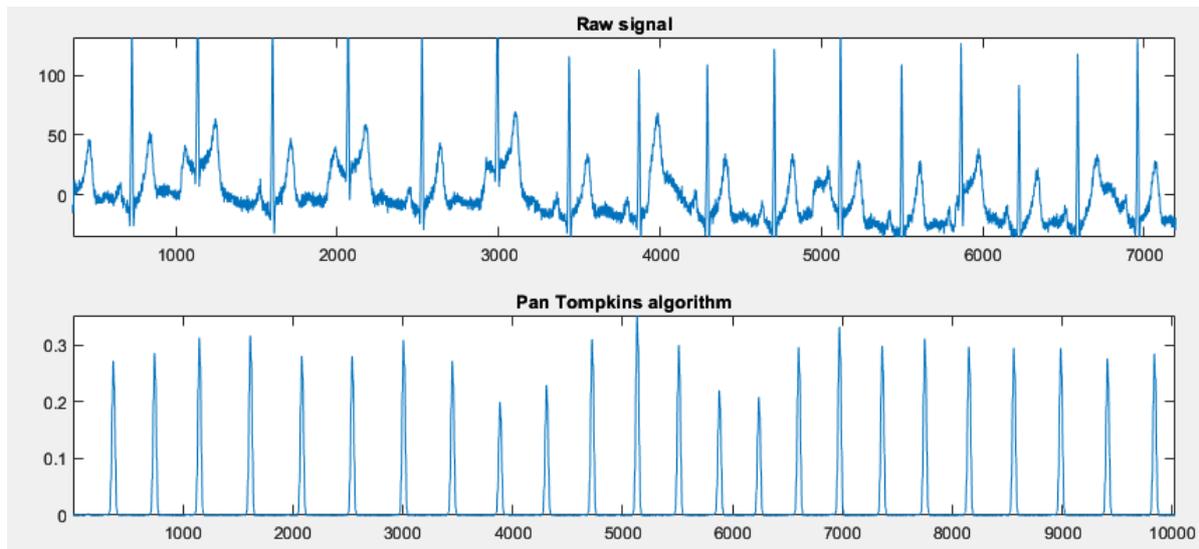


Рис. 1. Сигнал ЭКГ: верхний – до обработки, нижний – после обработки алгоритмом Пана – Томпкинса

Алгоритм Пана – Томпкинса состоит из пяти последовательных шагов.

Шаг 1. Применение фильтра низких частот с целью устранения шума и наводок сети электропитания.

Шаг 2. Использование фильтра высоких частот с целью удаления дрейфа изолинии.

Шаг 3. Операция дифференцирования, которое подавляет низкочастотные компоненты зубцов P и T . Предполагается также, что угол наклона сигнала для R -зубца является постоянным и имеет высокий коэффициент усиления, которое возникает на крутых склонах QRS-комплекса.

Шаг 4. Возведение полученных значений в квадрат (тем самым увеличивается разница в высоте пиков малой и большой амплитуд). После проведения данной операции все отсчеты – положительные числа, а пики имеют одинаковую полярность и направлены вверх.

Шаг 5. Прохождение сигнала через интегрирующий фильтр. При корректном выборе значения ширины окна появляется возможность слить воедино несколько пиков в районе QRS-комплекса, а также по возможности подавить ST -сегмент и зубец T .

В процессе предварительной обработки из входного набора данных производится исключение шумов и неинформативных признаков. Форма сигнала при этом переносит существенные изменения: на выходе проявляется набор пиков равной полярности с околонулевыми значениями функции в интервалах между ними [6].



Данный алгоритм позволяет детектировать комплексы зубца *R* и комплексы QRS, а результаты использовать для последующего анализа электрической активности сердца [8] и более точно диагностировать заболевания. За счет устранения различных помех и подавления неинформативных компонентов, а также увеличения разницы в высоте пиков предложенная реализация может применяться для анализа сигналов, зарегистрированных мобильными устройствами мониторинга ЭКГ [9, 10], которые отличаются более высоким уровнем шумов и помех. Применение алгоритма Пана – Томпкинса позволяет выделить информацию для последующего определения сердечно-сосудистого заболевания.

Список литературы

1. Сердечно-сосудистые заболевания. Информационный бюллетень ВОЗ. 2015. 310 с.
2. Thygesen K., Alpert J. S., Jaffe A. S. [et al.]. The Writing Group on behalf of the Joint ESC/ACCF/AHA/WHF Task Force for the Universal Definition of Myocardial Infarction. Third universal definition of myocardial infarction // *European Heart Journal*. 2012. № 33. P. 2551–2567.
3. Connolly M. J., Aaronson P. I., Ward J. P. T. *The cardiovascular system at a glance* (4th ed.). Chichester : Wiley-Blackwell, 2013. P. 88–89.
4. Федюкович Н. И. Внутренние болезни : учебник. Ростов-н/Д. : Феникс, 2012.
5. Зудбинов Ю. И. Азбука ЭКГ. 3-е изд. Ростов н/Д. : Феникс, 2003. 160 с.
6. Обухов С. А., Степанов В. П. Алгоритм обнаружения QRS-комплекса на электрокардиограмме в реальном времени. М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. С. 5–6.
7. PhysioNet. The Research Resource for Complex Physiologic Signals. URL: <https://physionet.org/about/database/> (дата обращения: 28.02.2023).
8. Патент № 2360597 С2 Российская Федерация, МПК А61В 5/0402. Способ определения электрической активности сердца. Бодин О. Н., Гладкова Е. А., Кузьмин А. В. [и др.]. № 2007111788/14 : заявл. 02.04.2007 : опубл. 10.07.2009.
9. Safronov M. I., Kuzmin A. V., Bodin O. N. [et al.]. Mobile ECG Monitoring Device with Bioimpedance Measurement and Analysis // *Conference of Open Innovations Association, FRUCT*. 2019. № 24. P. 375–380. doi 10.23919/FRUCT.2019.8711944
10. Сафронов М. И., Кузьмин А. В., Бодин О. Н. [и др.] Способ и аппаратно-программные средства анализа биоимпеданса для систем мобильного мониторинга ЭКГ // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2020. № 3 (35). С. 118–128. doi: 10.21685/2227-8486-2020-3-10

References

1. *Serdechno-sosudistye zabolevaniya. Informatsionnyy byulleten' VOZ = Cardiovascular diseases. WHO Newsletter* 2015:310. (In Russ.)
2. Thygesen K., Alpert J.S., Jaffe A.S. et al. The Writing Group on behalf of the Joint ESC/ACCF/AHA/WHF Task Force for the Universal Definition of Myocardial Infarction. Third universal definition of myocardial infarction. *European Heart Journal*. 2012;(33):2551–2567.
3. Connolly M.J., Aaronson P.I., Ward J.P.T. *The cardiovascular system at a glance* (4th ed.). Chichester: Wiley-Blackwell, 2013:88–89.
4. Fedyukovich N.I. *Vnutrennie bolezni: uchebnik = Internal diseases : textbook*. Rostov-on-Don: Feniks, 2012. (In Russ.)
5. Zudbinov Yu.I. *Azbuka EKG. 3-e izd. = ABC ECG. 3rd ed.* Rostov-on-Don: Feniks, 2003:160. (In Russ.)
6. Obukhov S.A., Stepanov V.P. *Algoritm obnaruzheniya QRS-kompleksa na elektrokardiogramme v real'nom vremeni = Algorithm for detecting the QRS complex on an electrocardiogram in real time*. Moscow: MGTU im. N.E. Bauman, 2019:5–6. (In Russ.)
7. *PhysioNet. The Research Resource for Complex Physiologic Signals*. Available at: <https://physionet.org/about/database/> (accessed 28.02.2023).
8. Patent № 2360597 С2 Russian Federation, МПК А61В 5/0402. *Method for determining the electrical activity of the heart*. Bodin O.N., Gladkova E.A., Kuz'min A.V. et al. No. 2007111788/14: appl. 02.04.2007: publ. 10.07.2009. (In Russ.)
9. Safronov M.I., Kuzmin A.V., Bodin O.N. et al. Mobile ECG Monitoring Device with Bioimpedance Measurement and Analysis. *Conference of Open Innovations Association, FRUCT*. 2019;(24):375–380. doi 10.23919/FRUCT.2019.8711944
10. Safronov M.I., Kuz'min A.V., Bodin O.N. et al. Method and hardware and software for bioimpedance analysis for mobile ECG monitoring systems. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2020;(3):118–128. (In Russ.). doi: 10.21685/2227-8486-2020-3-10

Поступила в редакцию / Received 15.04.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 17.05.2023

Принята к публикации / Accepted 02.06.2023