

УДК 616.89:616-07

Ю.Н. Горожанцев*, С.Г. Сергиенко, Е.А. Воротынцева, Ю.В. Емельяненко, А.В. Горожанцева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ЗАПИСЕЙ ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Россия

✉ Ю.Н. Горожанцев, ГБУЗ НИИ – ККБ №1, 350086, г. Краснодар, ул. 1 Мая, д. 167, e-mail: ygsoft2002@rambler.ru

Развитие методики холтеровского мониторинга ЭКГ в направлении увеличения длительности исследования предъявляет повышенные требования к программному обеспечению. В связи с этим вызывает интерес использование технологий искусственного интеллекта на основе нейронных сетей. Нами была сконструирована и программно реализована искусственная нейронная сеть (ИНС) на основе самообучающегося слоя Кохонена. Изучена и подтверждена эффективность функционирования данной ИНС при выполнении задач кластеризации QRS комплексов, содержащихся в записях тестовой базы данных РОХМИНЭ.

Ключевые слова: холтеровское мониторирование, искусственный интеллект, искусственные нейронные сети.

Y.N. Gorozhantsev*, S.G. Sergienko, E.A. Vorotynsteva, Y.V. Emelyanenko, A.V. Gorozhansteva

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS OPPORTUNITIES IN THE ANALYSIS OF HOLTER MONITORING FINDINGS

Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinic Hospital #1, Krasnodar, Russia

✉ Y.N. Gorozhantsev, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinic Hospital #1, 350086, Krasnodar, 167, 1st May street, e-mail: ygsoft2002@rambler.ru

Development of a Holter monitoring technique in the direction to increase research duration, imposes increased requirements to the software. In this regard use of artificial intellect technologies are of interest. We designed and realized artificial neural networks on the basis of a self-training layer of Kohonen. The efficiency of ANN functioning in case of execution the tasks of the QRS complexes clustering which are contained in the findings of the ROHMINE test database is studied and confirmed.

Key words: Holter monitoring, artificial intellect, artificial neural networks (ANN).

Введение

Холтеровское мониторирование ЭКГ (ХМ ЭКГ) является высокоинформативным методом амбулаторной диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Анализ записи ЭКГ, полученной в ходе исследования, производится с помощью специализированного программного обеспечения. Проведение анализа холтеровской записи сопряжено со значительными трудностями. Это в большой степени связано с тем, что в отличие от обычной ЭКГ, регистрирующейся в состоянии покоя, холтеровское мониторирование проводится в условиях свободной активности пациента, вследствие чего запись насыщена шумами, артефактами движения, присутствует выраженный дрейф изолинии.

Увеличение длительности холтеровского исследования до 7 суток является дальнейшим разви-

ем методики ХМ ЭКГ [1–7]. Проведение непрерывного многосуточного мониторирования существенно увеличивает диагностическую ценность, но при этом возрастает и сложность анализа записи. Увеличение сложности анализа повышает требования к программному обеспечению (ПО), стимулирует поиск новых решений в области алгоритмов анализа.

Одним из направлений поиска является изучение возможностей искусственного интеллекта (ИИ) применительно к задачам анализа холтеровской записи ЭКГ.

Одним из подходов является построение элементов ИИ на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) [8–12].

Цели и задачи

Одной из важнейших функций ПО является задача разделения желудочковых и наджелудочковых QRS

комплексов. Соответственно предметом изучения стали способности ИНС выделять общие для каждого типа QRS признаки, игнорируя несущественные различия, вызванные наличием шумов или дрейфом изолинии. А также способность разделять признаки, присущие каждому из двух типов комплексов. И на этом основании формировать отдельные группы (кластеры), соответствующие наджелудочковым и желудочковым QRS.

Материал и методы

Нами была сконструирована и программным способом реализована на практике ИНС на основе принципов самообучающейся и самоорганизующейся ИНС Кохонена [13–17]. Данный тип ИНС был выбран в связи с тем, что наилучшим образом подходит для решения задач кластеризации.

В качестве тестовых использовались холтеровские записи ЭКГ из базы данных (БД) РОХМИНЭ [18]. Для анализа были отобраны 57 записей, содержащих одновременно как наджелудочковые (узкие), так и желудочковые (широкие) QRS комплексы.

Перед ИНС ставилась задача на основании входных параметров, описывающих каждый QRS, оценить его морфологию и распределить в соответствующий кластер, в котором должны быть объединены сходные, относящиеся к одному и тому же типу комплексы QRS. Далее для каждой записи отбирались по два кластера из всех, которые формировала ИНС.

Эти два кластера представляли из себя группы, являющиеся самыми крупными по количеству входящих в них QRS компонентов.

При этом один из этих кластеров содержал наджелудочковые, а другой – желудочковые QRS.

Таким образом, для каждой записи ЭКГ рассматривалось два самых крупных кластера, один – для узких и один – для широких комплексов.

С целью объективной оценки способности ИНС к обобщению были выбраны два критерия.

1) **Чувствительность отбора (%)** – доля QRS комплексов (от всех соответствующего вида имеющихся в записи), которые были распределены в один самый крупный по количеству кластер.

Вычислялось по формуле:

$$Ч = (N_k / N_o) * 100, \text{ где}$$

N_k – количество QRS в кластере.

N_o – количество соответствующих QRS во всей записи.

2) **Селективность отбора (%)** – доля QRS комплексов (от всех комплексов данного кластера), которые были распределены в данный кластер безошибочно.

Вычислялось по формуле:

$$С = N_t / (N_t + N_f) * 100, \text{ где}$$

N_t – количество истинных, правильно распределенных QRS в кластере данного вида.

N_f – количество QRS, ошибочно распределенных в данный кластер.

Данные критерии вычислялись в каждой ЭКГ записи отдельно для желудочковых и наджелудочковых комплексов.

Результаты

Полученные в среднем по всем проанализированным ЭКГ записям результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1
Результаты тестирования ИНС на файлах из базы данных РОХМИНЭ

	Чувствительность отбора (%)	Селективность отбора (%)
Желудочковые QRS комплексы	81,24	95,83
Наджелудочковые QRS комплексы	89,86	99,99

Обсуждение

В процессе исследования были опробованы различные конфигурации ИНС, алгоритмы самоорганизации, а также различные наборы входных параметров.

Наилучших результатов удалось добиться при следующих параметрах ИНС (табл. 2).

Таблица 2
Архитектура использованной ИНС

Общая структура	Самообучающаяся ИНС Кохонена
Количество слоев	1
Количество нейронов в слое	50
Количество нормализованных входных параметров	12

Использование таких алгоритмов, как метод выпуклой комбинации данных, убывающий потенциал победителя, динамическое увеличение количества нейронов не улучшили результатов кластеризации.

По нашему мнению, в целом ИНС продемонстрировала высокие способности к обобщению как в отношении желудочковых, так и в отношении наджелудочковых комплексов. Подобранные параметры и конфигурация ИНС обеспечили для 81,24% желудочковых комплексов выявление общих для них признаков и распределение в один кластер.

Для наджелудочковых комплексов этот показатель составил 89,86%.

При этом селективность отбора в главные кластеры также была достаточно высокая.

Только 4,17% желудочковых и 0,01% нормальных были распределены в главные кластеры ошибочно.

Выводы

Использование возможностей ИНС для задач кластеризации комплексов QRS показало высокую эф-

фективность. Данная технология может быть успешно использована при разработке ПО, предназначенного для анализа ХМ ЭКГ.

Литература/References

1. Горожанцев Ю.Н. Опыт применения непрерывного холтеровского мониторирования ЭКГ длительностью до 7 суток. Функциональная диагностика. 2010. №4. С. 18-24. [Gorozhantsev Yu.N. Experience in the use of continuous Holter monitoring ECG for up to 7 days. *Functional diagnostics*. 2010;4:18-24. (In Russ.)]
2. Горожанцев Ю.Н. Диагностические преимущества многосуточных холтеровских мониторирований по сравнению с 24-часовыми. Инновационная медицина Кубани. 2016. №1. С. 55-58. [Gorozhantsev Yu.N. Diagnostic advantages of the Holter monitoring for many days in comparison with the 24-hour monitoring. *Innovative medicine of Kuban*. 2016;1:55-58. (In Russ.)]
3. Шубик Ю.В., Медведев М.М., Апарина И.В., Гордеева М.В. Различные способы регистрации электрокардиосигнала в диагностике симптомных аритмий. Вестник аритмологии. 2011. №64. С. 71-80. [Shubik Yu.V., Medvedev M.M., Aparina I.V., Gordееva M.V. Different ways of recording the electrocardiogram in the diagnosis of symptomatic arrhythmias. *Herald of arrhythmology*. 2011;64:71-80. (In Russ.)]
4. Тихоненко В.М., Попов С.В., Цуринова Е.А., Трешкур Т.В. Многосуточное мониторирование ЭКГ с телеметрией – новый метод диагностики редко возникающих симптомных аритмий и синкопальных состояний. Вестник аритмологии. 2013. №73. С. 58-63. [Tikhonenko V.M., Popov S.V., Tsurinova E.A., Treshkur T.V. The multi-day monitoring of the ECG with telemetry is a new method for diagnosing rare symptomatic arrhythmias and syncopal conditions. *Herald of arrhythmology*. 2013;73:58-63. (In Russ.)]
5. Попов С.В., Цуринова Е.А., Тихоненко В.М. Применение многосуточного мониторирования электрокардиограммы в ведении беременной с желудочковыми аритмиями. Вестник аритмологии. 2015. №81. С. 60-65. [Popov S.V., Tsurinova E.A., Tikhonenko V.M. Application of a multi-day monitoring of the electrocardiogram in the pregnant woman with ventricular arrhythmias. *Herald of arrhythmology*. 2015;81:60-65. (In Russ.)]
6. Цуринова Е.А., Попов С.В., Бернгардт Э.Р., Ананьева Н.И., Тихоненко В.М., Трешкур Т.В. Подбор антиаритмической терапии с помощью нового метода многосуточного телемониторирования электрокардиограммы. Вестник аритмологии. 2014. №75. С. 29-34. [Tsurinova E.A., Popov S.V., Berngardt E.R., Ananieva N.I., Tikhonenko V.M., Treshkur T.V. The selection of antiarrhythmic therapy using a new method of long-term telemonitoring electrocardiograms. *Herald of arrhythmology*. 2014;75:29-34. (In Russ.)]
7. Красичкова А.С., Фралова Е.В., Акулова А.Н. Статистический подход к синтезу алгоритма обнаружения QRS-комплекса для многоканальных записей электрокардиосигнала. Медицинская радиоэлектроника. 2012. №1. С. 53-57. [Krasichkova A.S., Fralova E.V., Akulova A.N. A statistical approach to the synthesis of the QRS complex detection algorithm for multi-channel electrocardiogram records. *Medical radio electronics*. 2012;1:53-57. (In Russ.)]
8. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. М.: БИНОМ. Лаборатория Знаний. 2008. 655 с. [Kohonen T. Self-organizing maps. Moscow: BINOM. Laboratory Knowledge. 2008. 655 p. (In Russ.)]
9. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд., испр.: Пер. с англ. 2006. 1104 с. [Khaikin S. Neural networks: a full course, 2 nd ed., Corrected.: Trans. with English. 2006. 1104 p. (In Russ.)]
10. Головкин В.А., под ред. проф. А.И. Галушкина. Нейронные сети: обучение, организация и применение. 2001; 256с. [Golovko V.A., ed. prof. A.I. Galushkina. Neural networks: training, organization and application. 2001; 256p. (In Russ.)]
11. В.И. Горбаченко [Интернет]. Сети и карты Кохонена – [процитировано 4 декабря 2017]. Доступно по ссылке <http://gorbachenko.self-organization.ru/> [V.I. Gorbachenko [Internet]. Networks and maps of Kohonen - [cited December 4, 2017]. Access – at the link <http://gorbachenko.self-organization.ru/>. (In Russ.)]
12. База данных РОХМИНЭ [Интернет]. М.: Российское общество холтеровского мониторирования и неинвазивной электрофизиологии. С.2015 – [процитировано 4 февраля 2016]. Доступно по ссылке: <http://www.rohmine.org/baza-dannykh-rokhmine/> [ROHMINE database [Internet]. M.: Russian Holter Monitoring Society and non-invasive electrophysiology. c2015 - [quoted February 4, 2016]. Available at: <http://www.rohmine.org/baza-dannykh-rokhmine/>]

Сведения об авторах

Горожанцев Ю.Н., заведующий отделением функциональной диагностики №1, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского, ассистент кафедры кардиохирургии и кардиологии ФПК и ППС, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). E-mail: ygsoft2002@rambler.ru.

Сергиенко С.Г., врач функциональной диагностики отделения функциональной диагностики №1, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). E-mail: kkb1@mail.ru.

Воротынцева Е.А., врач функциональной диагностики отделения функциональной диагностики №1, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). E-mail: kkb1@mail.ru.

Емельяненко Ю.В., врач функциональной диагностики отделения функциональной диагностики №1, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). E-mail: kkb1@mail.ru.

Горожанцева А.В., врач ультразвуковой диагностики клиники «Медицинские технологии» (Краснодар, Россия). E-mail: gor_anna68@mail.ru.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 02.02.2018 г.

Author credentials

Gotozhanstev Y.N., head of functional diagnostics department #1, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinic Hospital #1, assistant of cardiac surgery and cardiology advanced training, Kuban Medical State University (Krasnodar, Russia). E-mail: ygsoft2002@rambler.ru.

Sergienko S.G., physician of functional diagnostics department #1, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinic Hospital #1 (Krasnodar, Russia). E-mail: kkb1@mail.ru.

Vorotynsteva E.A., physician of functional diagnostics department #1, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinic Hospital #1 (Krasnodar, Russia). E-mail: kkb1@mail.ru.

Emelyanenko Y.V., physician of functional diagnostics department #1, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinic Hospital #1 (Krasnodar, Russia). E-mail: kkb1@mail.ru.

Gorozhantseva A.V., ultrasound diagnostics physician, 'Medical Technologies' clinic (Krasnodar, Russia). E-mail: gor_anna68@mail.ru.

Conflict of interest: none declared.

Accepted 02.02.2018