

Научная статья

Original article

УДК 004.93.12



**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ КАРДИОГРАММ НА ОСНОВЕ
РЕЗЕРВУАРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

**RESEARCH AND ANALYSIS OF CARDIOGRAMS BASED ON RESERVOIR
CALCULATIONS**

Ермилина Ольга Викторовна, к.т.н, доцент, Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, email: rasuma@mail.ru

Демина Вера Дмитриевна, магистрант, Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, email: demina-2000@mail.ru

Ermilina Olga Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Penza State Technological University, Penza, email: rasuma@mail.ru

Demina Vera Dmitrievna, Graduate Student, Penza State Technological University, Penza, email: demina-2000@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается применение рекуррентных нейронных сетей для обработки и анализа электрокардиограмм на основе резервуарных вычислений. Применение в данной работе искусственной нейронной сети в качестве классификатора обусловлено ее способностью к обработке нечетких и сложных исходных данных для их классификации. Для решения тестовой задачи в рамках предлагаемой методики выбирался способ подачи данных на вход резервуара,

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

синтезировался резервуар, определялись параметры считывателей. Для этого было произведено нормирование электрокардиограммы. Проанализированы результаты численных экспериментов по распознаванию электрокардиограммы с нормальным синусоидальным ритмом.

Annotation

The article deals with the application of recurrent neural networks for processing and analysis of electrocardiograms based on reservoir computations. The application of an artificial neural network as a classifier in this work is due to its ability to process fuzzy and complex input data for their classification. To solve the test problem in the framework of the proposed methodology, the method of data input to the reservoir was selected, the reservoir was synthesized, and the parameters of the readers were determined. For this purpose, electrocardiogram normalization was performed. The results of numerical experiments on recognition of electrocardiogram with normal sinusoidal rhythm were analyzed.

Ключевые слова: электрокардиограмма, нейронные сети, резервуарные вычисления, нормирование сигнала.

Keywords: electrocardiogram, neural networks, reservoir computing, signal normalization.

В связи с развитием информационных технологий появляется возможность сбора различной информации в реальном времени. Однако, из-за несовершенства существующих методов их обработки и недостаточной квалификации операторов, реагирующих на показания датчиков, часто требуется дополнительно всю эту информацию обрабатывать специалистами вручную, что не позволяет своевременно выявлять проблемы и делает задачу автоматического анализа состояния человека в реальном времени актуальной.

Система резервуарных вычислений используется для распознавания аномалий сердцебиения на основе сигналов электрокардиограммы. Вдохновленные принципами обработки информации в мозге, резервуарные вычисления

обеспечивают основу для проектирования, обучения и анализа рекуррентных нейронных сетей для обработки информации, зависящей от времени. Благодаря своей вычислительной эффективности и тому факту, что обучение сводится к простой линейной регрессии, этот алгоритм контролируемого обучения по-разному рассматривался как стратегия для реализации полезных вычислений не только на цифровых компьютерах.

Здесь эта система обучения, основанная на биологических принципах, используется для разработки точной адаптивной к пациенту модели, которая потенциально может быть интегрирована в носимые устройства мониторинга сердечных событий.

Резервуарный компьютер состоит из трех основных частей (рис. 1). Входной уровень подает входной сигнал в случайную рекуррентную нейронную сеть, которая представляет собой «резервуар». Входной сигнал нелинейно отображается в пространство сигналов более высокой размерности через внутренние переменные этой динамической системы (т.е. состояния резервуара). На выходном уровне линейная комбинация состояния резервуара вычисляется как зависящий от времени выходной сигнал. Рекуррентная связь на основе резервуарных вычислений осуществляется на выходном уровне нейронной сети, а отличии от других методов.

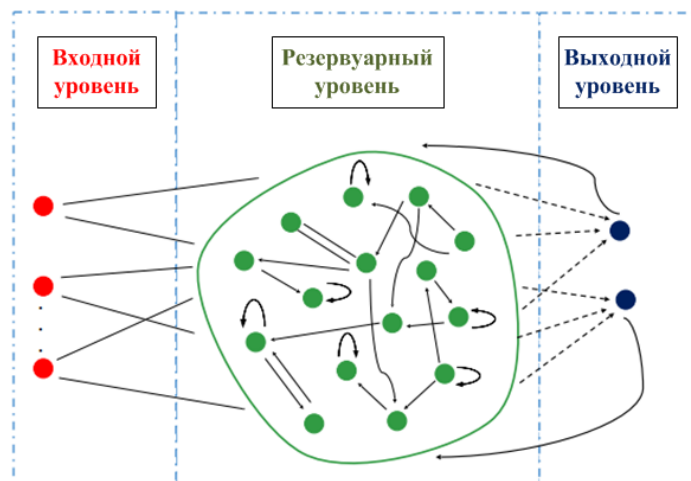


Рисунок 1 - Схема резервуарных вычислений

Динамика типичного резервуарного компьютера с непрерывными в реальном времени значениями регулируется следующими уравнениями:

$$x(t + \Delta t) = f(Wx(t) + W^{in}u(t + \Delta t) + W^{fb}y(t)),$$

где t – период выборки в реальном времени,

$u(t)$ – выходной сигнал,

$x(t)$ – объем резервуара,

f – нелинейная функция,

W , W^{in} , W^{fb} - весовые матрицы входной, рекуррентной и выходной обратной связи, соответственно.

Для решения тестовой задачи в рамках предлагаемой методики выбирался способ подачи данных на вход резервуара, синтезировался резервуар, определялись параметры считывателей. Для этого производилась нормализация входного сигнала во временном диапазоне.

В ходе проверки работы нейронной сети подавался образ кардиограммы, представленный на рисунке 2.

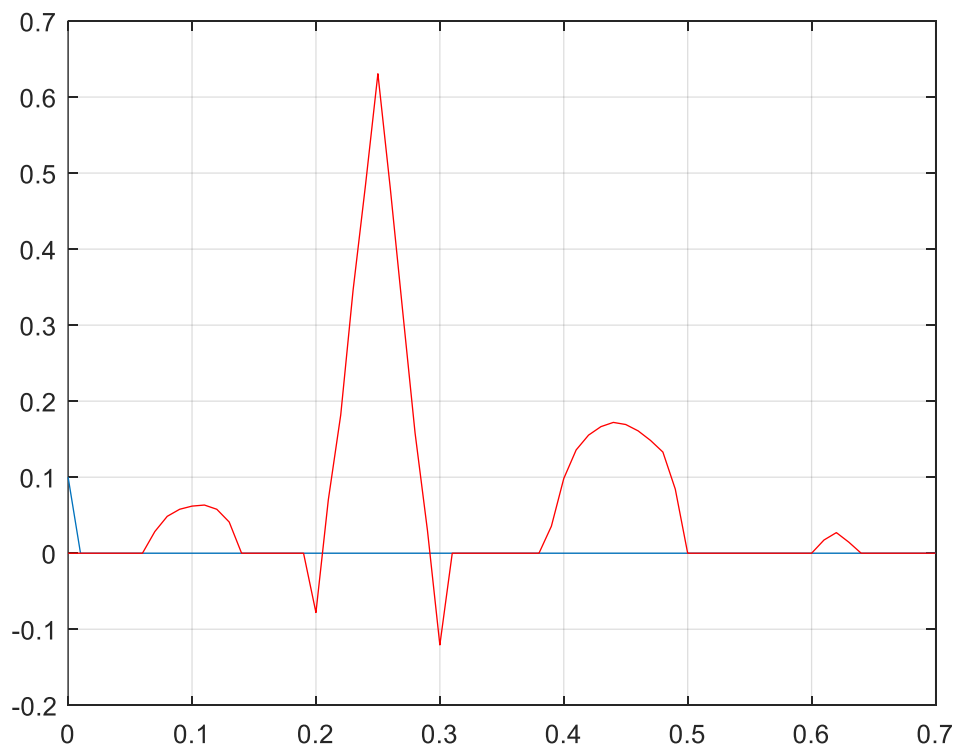


Рисунок 2 - Подаваемый образ электрокардиограммы

На рисунке 3 показано соотношение электрокардиограммы и моделируемого сигнала обученной нейронной сети.

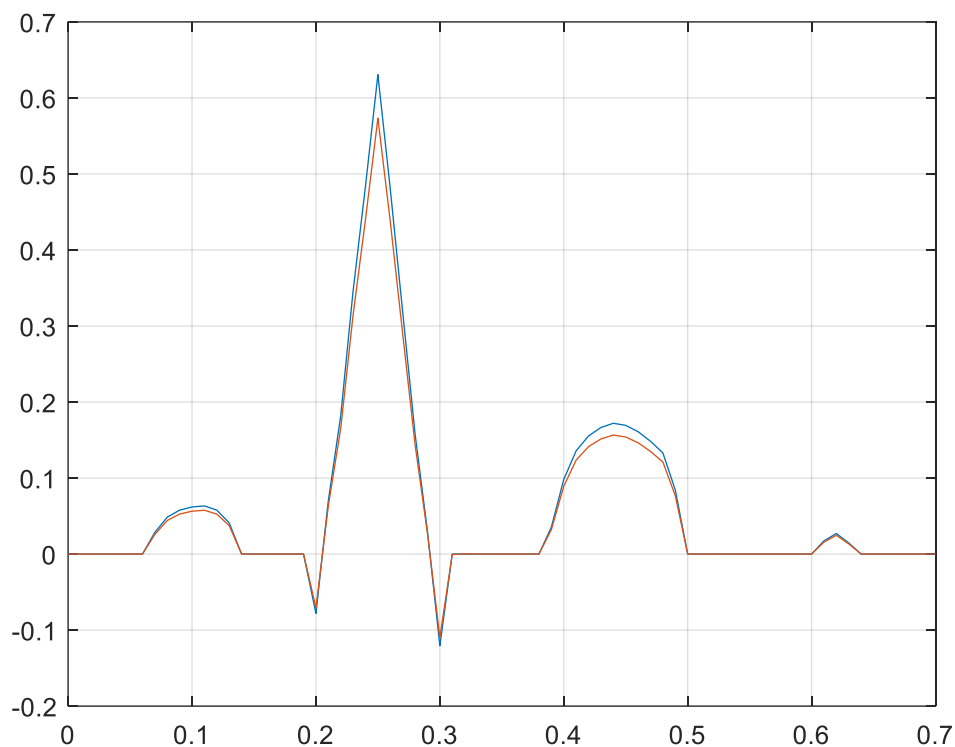


Рисунок 3 - Соотношение исходной кардиограммы и моделируемой

Полученные результаты позволяют установить высокую согласованность в применении реальных практических задач для установления отклонений работы сердечных ритмов от нормы. Использование данного подхода позволяет повышать качество распознавания электрокардиограмм.

Результаты моделирования показали, что эта модель не только обеспечивает точный и быстрый классификатор сердцебиения, но и позволяет обойти проблему «несбалансированных классов».

Список литературы

1. Шраувен Б., Верстратен Д, Кампенхаут Дж. Обзор теории резервуарных вычислений, применение и реализация // Протокол 15-го Европейского симпозиума по искусственным нейронным сетям. – 2007. – С.471-482.
2. Григорьев Д.С., Спицын В.Г. Применение нейронной сети и дискретного вейвлет-преобразования для анализа и классификации электрокардиограмм // Известия Томского политехнического университета. - 2012. – С. 57-61.

3. Никитин К.В. Исследование и анализ динамики импульсных рекуррентных нейронных сетей в контексте задачи распознавания образов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2018. - №4. – С. 130-150.
4. Бендерская Е. Н., Никитин К. В. Рекуррентная нейронная сеть как динамическая система и подходы к ее обучению // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. - 2013. - № 4(176). - С. 29–40.
5. Маасс В., Натшлагер Т., Маркрам Г. Вычисления в реальном времени без стабильных состояний: новая основа для нейронных вычислений на основе возмущений // Нейронные вычисления. - 2002. - Vol. 11. - С. 2531–2560.

List of references

1. Schrauwen B., Verstraeten D., Campenhout J. V. An Overview of Reservoir Computing Theory, Applications and Implementations. Proc. of the 15th European Symposium on Artificial Neural Networks, Bruges, 2007, pp. 471–482.
2. Grigoriev D.S., Spitsyn V.G. Application of neural network and discrete wavelet transform for analysis and classification of electrocardiograms // Proceedings of Tomsk Polytechnic University. - 2012. - P. 57-61.
3. Nikitin K.V. Research and analysis of the dynamics of pulsed recurrent neural networks in the context of the problem of pattern recognition // Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnic University. Informatics. Telecommunications. Management. - 2018. - №4. - P. 130-150.
4. Benderskaya E. N., Nikitin K. V. Recurrent neural network as a dynamic system and approaches to its training // Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnic University. Informatics. Telecommunications. Management. SPb.: Polytechn. uezd. - 2013. - № 4(176). - P. 29-40.

5. Maass W., Natschläger T., Markram H. Real-time Computing Without Stable States: a New Framework for Neural Computations Based on Perturbations. *Neural Computation*. – 2002. - Vol. 11. - P. 2531–2560.

© Ермилина О.В., Демина В.Д., 2022 *Научный сетевой журнал «Интеграл» №4/2022.*

Для цитирования: Ермилина О.В., Демина В.Д. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ КАРДИОГРАММ НА ОСНОВЕ РЕЗЕРВУАРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ// *Научный сетевой журнал «Интеграл» №4/2022.*