

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Овчинкина Т.В., Митин В.В., Кузьмин А.А.

ФБГОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94), e-mail: ofchinkina@yandex.ru.

В статье рассмотрена возможность применения гибридных нейронных сетей в прогностической модели оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Отмечено, что для определения групп пациентов при проведении исследования ее функционального состояния требуется некоторые дополнительные показатели, так как патологические изменения не отражаются достаточно на ЭКГ. Нарушение определенных параметров функционального состояния сердечно-сосудистой системы может привести к внезапной острой коронарной недостаточности и смерти. Для обучения искусственной нейронной сети необходимо учитывать большое количество параметров и объем информации, что может быть решено за счет построения нейронечетких систем, которые относятся к классу гибридных систем, в основе которых лежат нечеткая логика и нейронные сети. Применение гибридных нейронных сетей позволяет прогнозировать функциональное состояние сердечно-сосудистой системы при учете оптимального количества параметров пациента. Предложена структурная схема прогностической модели и описание ее блоков, которая позволяет выполнять краткосрочные прогнозы.

Ключевые слова: функциональное состояние, сердечно-сосудистая система, гибридные нейронные сети, прогностическая модель.

PRACTICAL USING OF NEURAL NETWORK IN THE PROGNOSTIC MODELS OF ESTIMATING OF FUNCTIONAL HEALTH OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

Ovchinkina T.V., Mitin V.V., Kuzmin A.A.

Southwest State University, Kursk, Russia (50-let Oktyabrya, 94, Kursk, 305040, Russia), e-mail: ofchinkina@yandex.ru

The possibility of practical using of neural network in the prognostic models of estimating of functional health of the cardiovascular system is considered in the article. Some factors more are needed for the definition of groups of patients for search of its functional health, because the pathological lesions are not enough reflected on the electrocardiogram. Disturbances of certain parameters of the functional health of the cardiovascular system can irritate unexpected acute coronary insufficiency and death. For the teaching (programming) of the artificial neural network is necessary to take into account a lot of parameters and information volume. In can be done with the help of neural fuzzy systems, which belong to the class of hybrid systems, which are based on fuzzy logic and neural networks. Practical using of neural networks let prognosticate the functional health of the cardiovascular system taking into account optimal quantity of parameters of a patient. The structural scheme of the prognostic model and description its blocks are considered in the article. This scheme let give short-dated prognoses.

Keywords: functional health, cardiovascular system, hybrid neural networks, prognostic model.

Введение

В настоящее время большое количество исследований направлено на создание и использование методологии, новых математических методов обработки и анализа медицинских сигналов. Комплексная обработка измерительной информации позволит оптимальным образом выполнить оценку функционального состояния сердечно-сосудистой системы на базе неинвазивных технологий. Методы интеллектуальной поддержки принятия решений врача, основанные на компьютерной обработке и анализе данных, еще не имеют достаточно широкого применения, хотя автоматизированный анализ информации уже

позволяет решать ряд медицинских задач, в частности, связанных со стратегией лечения больного, диагностированием функционального состояния сердечно-сосудистой системы и других заболеваний [2, 5].

Для построения модели прогнозирования заболевания широко используются нейронные сети, так как они могут устанавливать функциональные зависимости между различными параметрами, задаваемыми в виде совокупности входных и выходных величин модели, а также автоматически определять параметры этих зависимостей, а затем по новым значениям самонастраиваться.

При оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы для точного диагноза у одних пациентов достаточно небольшого числа признаков, а другим необходимы дополнительные данные. Обычно это определяется тем, что между здоровыми и больными почти нет четкой разделительной границы. В таких случаях для построения модели диагностики разумно применять гибридные сети [6, 7].

Необходимость разработки прогностических моделей для управления функциональным состоянием сердечно-сосудистой системы является актуальной проблемой.

Цель исследования

Разработка системы поддержки принятия решения, а также создание программного обеспечения компьютерных технологий оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы на основе прогностических моделей, обеспечивающие повышение уровня качества медицинской диагностики.

Материалы и методы исследования

При диагностике функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) важную роль играет анализ электрокардиограммы (ЭКГ), представляющей собой запись наблюдаемых на поверхности тела проекций объёмных электрических процессов, происходящих в сердце. ЭКГ несёт информацию о патологических изменениях в самом сердце и о текущем состоянии сердечно-сосудистой системы. Кроме ЭКГ врачами для постановки диагноза учитываются некоторые параметрические факторы (рост, вес, возраст и др.), лабораторные анализы, анамнестические данные. Целесообразно оценивать еще такой показатель, как топологический портрет странного аттрактора, использование которого мы предлагаем как один из дополнительных диагностических факторов.

Под существенными факторами риска дисфункции ССС подразумеваются и клинические признаки, наличие которых предполагает отнесение больного к категории лиц с высоким или умеренным риском внезапной сердечной смерти в течение календарного года (вероятностный риск может достигать 20–50 % или 5–15 % соответственно). К указанным выше факторам риска относятся: эпизод сердечного ареста в анамнезе и/или

гемодинамически значимая устойчивая желудочковая тахикардия; указания в анамнезе на перенесенный инфаркт миокарда; систолическая дисфункция левого желудочка; синкопальные состояния; неустойчивая желудочковая тахикардия и частая желудочковая экстрасистолия [1].

Следовательно, для обучения искусственной нейронной сети необходимо учитывать большое количество параметров и накопительный объем информации. Это приведет к усложнению построения модели.

Устранить данный недостаток можно за счет построения нейронечетких систем, которые относятся к классу гибридных систем, в основе которых лежат нечеткая логика, нейронные сети и генетический алгоритм [7].

Рассмотрим класс адаптивных сетей функционально эквивалентных системам нечетких рассуждений. Подобная архитектура носит название ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System – адаптивная нейронечеткая система заключений) [5, 8].

Нейронечеткая система имеет пять слоев (рис. 1) и описывается следующим способом:

1. Выходы узлов первого слоя представляют собой значения функций принадлежности при конкретных значениях входных параметров:

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x),$$

где x – входной сигнал узла i , A_i – лингвистическая переменная, связанная с данной узловой функцией, $\mu_{A_i}(x)$ – функция принадлежности переменной A_i , определяющей степень, с которой данный x удовлетворяет A_i .

Параметры, значения которых будут подаваться на входы нейронов первого слоя x_1, x_2, x_3, x_4 . Каждый параметр может иметь несколько определяющих значений отнесения по отдельным входам.

2. Выходами нейронов второго слоя являются степени истинности предпосылок каждого правила базы знаний системы.

$$\omega_i = \mu_{A_i}(x_1) \times \mu_{B_i}(x_2) \times \mu_{C_i}(x_3) \times \mu_{D_i}(x_4), \quad i = 1, 2, 3, 4, 3$$

3. Каждый i -ый узел третьего слоя определяет отношение веса i -го правила к сумме весов всех правил:

$$\bar{\omega}_i = \frac{\omega_i}{\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_{72}},$$

4. Нейроны четвертого слоя выполняют операции вычисления значений для функций принадлежности выходного параметра. Для модели типа Сугено:

$$z_i = \bar{\omega}_i f_i$$

где f_i – функции принадлежности выходных переменных.

5. Единственный узел данного слоя является фиксированным узлом, в котором вычисляется полное выходное значение адаптивной сети как сумма всех входных сигналов

$$z = \overline{w_1 z_1} + \overline{w_2 z_2} + \dots + \overline{w_i z_i}.$$

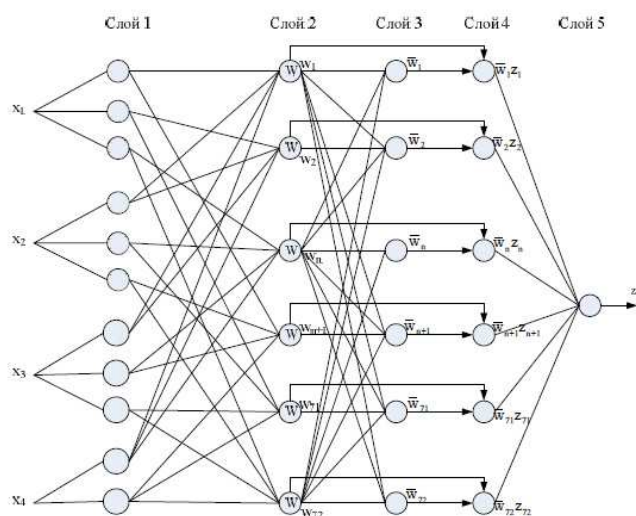


Рис.1. Пример гибридной нейронной сети (ANFIS)

Результаты и их обсуждение

Для оценки функционального состояния ССС нами учитываются факторы внезапной сердечной смерти (значение фракции выброса левого желудочка, значение содержания липопротеинов низкой плотности, частота сердечных сокращений, эктопическая желудочковая активность), так и показатели лабораторного анализа крови, данные пациента из общего опросника (курение, употребление алкоголя, пол, вес, рост), значение QT интервала. На основе проведенных данных нами была разработана прогностическая модель управления функциональным состоянием сердечно-сосудистой системы с применением гибридных нейронных сетей (рис. 2).

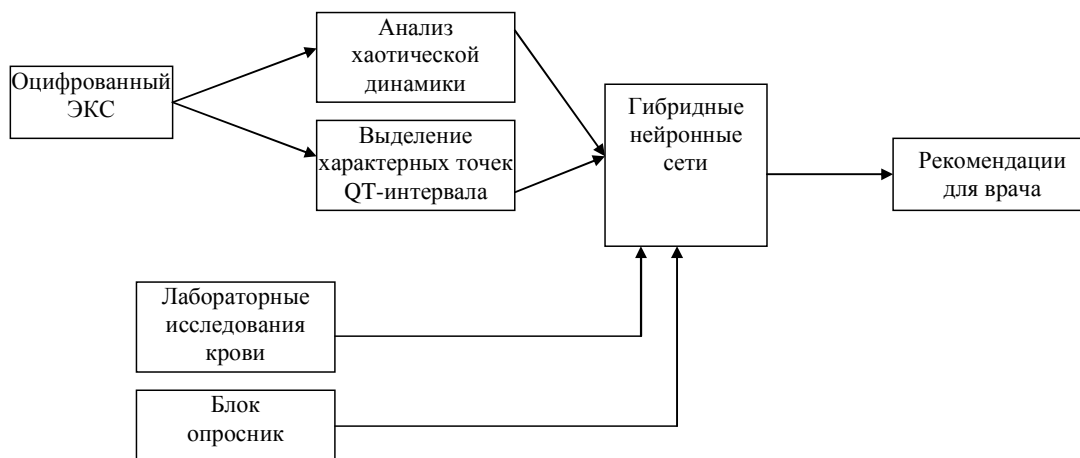


Рис. 2. Структурная схема прогностической модели

Рассмотрим каждый из блоков более подробно.

В блоке ЭКС – записывается оцифрованный кардиосигнал пациента, полученный с помощью холтеровского мониторинга, из которого удалены все помехи.

Аналитический блок «анализ хаотической динамики» предусматривает построение топологического портрета странного аттрактора, который используется как один из факторов для прогноза.

В блоке «контурный анализ» производится выделение QT-интервала по точкам, определяющим контур и вычисление его среднего значения.

В блоке «лабораторные анализы» вносятся параметры анализа крови: эритроцитов, тромбоцитов, лимфоцитов, величина гемоглобина, уровень глюкозы в плазме, содержание липопротеинов низкой плотности.

Блок «опросник» включает в себя возраст, рост, вес, данные о курении и употреблении алкоголя.

Блок «гибридные нейронные сети» отвечает за обучение нейронной сети на основе разработанных решающих правил.

Блок «рекомендации для врача» предоставляет врачу оценку функционального состояния ССС и рекомендации для дальнейшего лечения пациента.

Выводы

В результате проведенного исследования предложен метод оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы, основанный на построении моделей в виде нейронечетких сетей, обучаемых на выборках данных, полученных от пациентов кардиологического профиля. Особенностью предложенной модели является то, что она позволит делать краткосрочные прогнозы, обеспечивая требуемую точность при большом объеме входной информации.

Применение гибридных нейронных сетей и топологического портрета странного аттрактора как одного из факторов для мониторинга оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы может обеспечить повышение точности в постановке диагноза и обеспечении оперативного принятия врачебного решения.

Список литературы

1. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Киртбая Л.Н. Сердечная недостаточность и внезапная сердечная смерть // *Анналы аритмологии*. – 2009. – № 4. – С. 7–20.
2. Королева С.А. Разработка методов и средств контроля и прогнозирования состояния здоровья в задачах профессионального отбора на основе нечеткой логики принятия решений: автореф. дис. канд. техн. наук. – Курск, 2005. – 18 с.

3. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – Физматлит, 2001. – 224 с.
4. Овчинкин О.В., Сараев И.А. Инструментальные средства исследования пространственной транспозиции топологических портретов хаотических процессов // Сб. материалов VIII Международной конференции «Распознавание 2008». – Курск. гос. тех. ун-т., 2008. – Ч. 2. – С. 33-34.
5. Овчинкин О.В., Овчинкина Т.В., Павлов О.Г. Персональное моделирование заболеваний сердечно-сосудистой системы с применением нейронных сетей и инструментальных средств // Вестник новых медицинских технологий. – 2011. – Т. 18, № 4. – С. 41-43.
6. Павлов О.Г. Прикладные вопросы ситуационного управления в социально-медицинской сфере. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. – 276 с.
7. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 452 с.
8. Терехов С.А. Лекции по нейроинформатике. // Научная сессия МИФИ-2003. V Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2003». – М.: Мифи, 2003. – Ч. 1. – 188 с.
9. Фролов В.Н. Управление в биологических и медицинских системах: учеб. пособие / Воронеж. гос. техн. ун-т [под ред. Я.Е. Львовича и М.В. Фролова]. – Воронеж, 2001. – 327 с.

Рецензенты:

Павлов О.Г., д.м.н., профессор кафедры «Акушерство и гинекология» ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», г. Тула.

Атакищев О.И., д.т.н., профессор, проректор по перспективным исследованиям ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск.