

К.В. МЕЛЬНИК, НТУ "ХПИ" (г. Харьков),
А.Е. ГОЛОСКОКОВ, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ" (г. Харьков)

ПРОЦЕДУРА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Рассмотрена процедура применения нечеткой логики к решению задачи диагностирования сердечно-сосудистой системы пациента на примере такого заболевания сердца, как инфаркт миокарда. Рассмотрены характерные особенности задачи диагностирования. Предложен вариант решения задачи постановки диагноза работы сердца, используя экспертную систему, построенную с помощью продукционной модели представления знаний.

Ключевые слова: нечеткая логика, задача диагностирования, инфаркт миокарда, экспертная система, продукционная модель представления знаний.

Описание проблемы и анализ литературы. На современном этапе развития общества, с его новыми методами и средствами лечения, существует проблема заболеваемости населения. Несмотря на постоянные исследования в сфере медицины, появляются все новые смертельные заболевания, а процент существующих, только увеличивается. Причин тому много – и плохая экология, и геномодифицированные продукты, и постоянное развитие промышленности. Такие весомые факторы влияют на понижение иммунитета человека, что способствует увеличению процента смертности от различных заболеваний. К таким заболеваниям относятся заболевания сердечно-сосудистой системы (ССС). Поэтому в настоящее время актуальна задача диагностирования состояния ССС пациента. Анализ литературы показал, что проблемой в сфере кардиологического диагностирования занимались еще с середины 20-го века. Для решения данной задачи применялись различные методики: метод логического базиса и фазового интервала [1], вероятностный или байесовский метод [1, 2], статистический подход [1, 3], нейросетевые технологии [4, 5]. Использование этих подходов имеет такие характерные особенности: ненадежность принятия решения, необходимость в большой базе архивных данных, которая доступна не всем медицинским учреждениям, нераспознавание исключительных ситуаций, пересечение классов заболеваний. Еще одна особенность заключалась в том, что для принятия решений о каком-либо нарушении в работе сердца использовался только один анализ электрокардиограмм (ЭКГ). Как показывает медицинская практика, одного снятия ЭКГ недостаточно в связи с тем, что существуют нарушения в организме, не связанные с кардиологией, но которые будут проявляться на кардиограмме как нарушения работы сердца. Для исключения подобных ситуаций необходимо проводить еще ряд анализов: клинический анализ крови, биохимический анализ крови, рентген грудной клетки.

Постановка задачи. В данной статье предлагается решение поставленной проблемы в виде создания и использования экспертной системы (ЭС), которая будет помогать принимать решения кардиологам в сложных случаях. ЭС в сфере кардиологии – интеллектуальная система, аккумулирующая знания экспертов (врачей – кардиологов), и способная вырабатывать решения на уровне врача. Одним из важнейших свойств ЭС является то, что принятие решений может осуществляться в условиях не полной исходной информации. В таком случае при проведении диагностирования может возникнуть ситуация, при которой степень уверенности в повреждении миокарда примерно равна по всем локализациям, либо не достигнут заданный порог принятия решения, то есть результат работы ЭС – неопределенное состояние ССС. Такая ситуация характерна при явном нарушении работы сердца, но характер заболевания не относится к повреждению миокарда. Неоднозначность в работе ЭС может быть вызвана дополнительными нарушениями в организме, например, воспалительным процессом или нарушением ритма сердца, вызванным стрессом. Результат работы системы в таком случае будет характеризоваться определенной степенью достоверности.

Задача диагностирования наличия инфарктов миокарда имеет следующие характерные особенности:

- большая размерность исходных данных, что объясняется достаточно большим количеством синдромов и признаков, получаемых при обработке необходимых анализов;
- различная природа исходных данных (качественные, количественные, шкалированные данные);
- пересечение классов заболеваний – осложненные случаи нарушения работы сердца;
- неполные исходные данные из-за невозможности определить какие-либо признаки ввиду различных проблемных ситуаций;
- стохастичность исходных данных.

Анализируя свойства, присущие рассматриваемой проблеме, можно заключить, что в основе работы ЭС необходимо использовать не классические методы, как то – статистический или вероятностный, имеющие ряд недостатков, а методы, основанные на использовании нечеткой логики, которая позволит учесть все характерные особенности задачи диагностирования.

Врач-кардиолог производит постановку диагноза с помощью логических рассуждений, основываясь на апостериорной информации, полученной на основе своего опыта. ЭС при решении какой-либо проблемы пытается смоделировать рассуждения врача для получения результата, то есть в основу функционирования системы необходимо заложить одну из моделей представления знаний кардиолога, связанных с инфарктами миокарда. Существует четыре модели представления знаний: логические,

продукционные, сетевые, фреймовые [6]. Каждая модель имеет свое применение и свои достоинства и недостатки. В работе предлагается использовать продукционную модель, поскольку продукционная модель наиболее адекватно отображает знания эксперта – кардиолога. Рассуждениям врача часто присуща эмоциональная окраска, что способствует тому, что даже количественные признаки могут быть описаны качественными понятиями, как то: хороший пульс, высокое давление, нестабильный ритм. Поэтому для формализации знаний кардиолога необходимо применить аппарат лингвистических переменных (ЛП) [7], который позволит обрабатывать значения признаков и синдромов, имеющих различную природу. Как было показано в работе [8], каждый признак наличия инфаркта миокарда представляет собой ЛП, состоящую из совокупности нечетких переменных, например:

< "Уровень фибриногена", {низкий, средний, высокий}, $[0 \div 7 \text{ г/л}] >$.

Каждая нечеткая переменная из терм-множества ЛП представляет собой описание нечеткого множества с помощью функций принадлежности. В работе [8] показан пример описания качественной переменной для выявления инфаркта миокарда с помощью функций Гаусса. Далее каждый признак необходимо описать аналогичным образом для того, чтобы сделать основу для создания продукционной системы.

Продукционная система состоит из продукционной базы правил и интерпретатора, реализующего логический вывод. В свою очередь, нечеткая продукционная база правил (НПБП) состоит из множества нечетких продукционных правил, которые представляют собой обособленные фрагменты знаний о решаемой проблеме. Каждое правило описывает состояние ССС пациента, в данном случае это такие состояния, как перечень различных локализаций инфаркта миокарда и нормальное состояние работы сердца – отсутствие рассматриваемого заболевания, например:

{ P_i : если $y_1=\text{пр}$ и $y_2=\text{отс}$ и $y_3=\text{отс}$ и $y_4=\text{отс}$ и $y_5=\text{пр}$ и $y_6=\text{отс}$ и $y_7=\text{отс}$ и $y_8=\text{отс}$ и $y_9=\text{отс}$ и $y_{10}=\text{пр}$ и $y_{11}=\text{пр}$ и $y_{12}=\text{пр}$ и ... $y_{15}=\text{выс}$ и ... , то $x_j = \text{ИМ2}$ } ,

где y_1, \dots, y_{12} – патологический зубец Q соответственно в отведениях I, II, III, $avR, avL, avF, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$;

y_{15} – уровень фибриногена;

"пр", "отс", "выс" – функции принадлежности значений признаков, равные соответственно: присутствует, отсутствует, высокий;

ИМ2 – острый переднебоковой инфаркт миокарда.

После составления НПБП, производится инициализация интерпретатора, заключающаяся в выборе метода для нечеткого логического вывода. Самыми распространенными алгоритмами нечеткого вывода являются алгоритмы Мамдани, Сугено, Цукамото, Ларсона, которые имеют отличительные особенности на заключительном этапе использования НПБП – этапе

дефаззификации (приведения к четкости). Предварительными этапами являются следующие этапы: фаззификация (введение нечеткости), логический вывод, композиция [7, 8].

Выводы. Использование интеллектуальных систем принятия решений поможет произвести выбор из перечня предполагаемых заболеваний, что существенно сократит время на постановку диагноза и ускорит процесс оказания помощи пациенту. Уменьшению сложности выработки управляющего воздействия для такого сложного и неоднозначного объекта исследования как человеческий организм, способствует применение нечеткого аппарата принятия решений.

Список литературы: 1. Мисюк Н.С., Гурленя А.М., Лозовик В.В. Диагностические алгоритмы. – Мн.: Вышэйшая школа, 1980. – 187 с. 2. Ластед Л. Введение в проблему принятия решений в медицине. – М.: Мир, 1981. – 283 с. 3. Фрейзер П. Микрокомпьютеры в физиологии. – М.: Мир, 1990. – 383 с. 4. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с. 5. Комашинский В.И., Смирнов Д.А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 94 с. 6. Бондарев В.Н., Аде Ф.Г. Искусственный интеллект. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002. – 615 с. 7. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с. 8. Мельник К.В., Голоскоков А.Е. Система принятия решений при управлении лечением сердечных заболеваний // Вестник НТУ "ХПИ". Тем. вып.: Системный анализ, управление и информационные технологии. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2008. – № 26. – С. 13-17.

УДК 004.93

Процедура діагностування стану серцево-судинної системи пацієнту на основі нечіткої логіки / Мельник К.В., Голоскоков О.Є. // Вісник НТУ "ХПИ". Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2008. – № 49. – С. 101 – 104.

Розглянута процедура застосування нечіткої логіки до рішення задачі діагностування серцево-судинної системи пацієнта на прикладі такого захворювання серця, як інфаркт міокарду. Розглянуті характерні особливості задачі діагностування. Запропонований варіант рішення задачі постановки діагнозу роботи серця, використовуючи експертну систему, побудовану за допомогою продукційної моделі представлення знань. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: нечітка логіка, задача діагностування, інфаркт міокарду, експертна система, продукційна модель представлення знань.

UDC 004.93

Diagnostics of cardiovascular system health state based on fuzzy logic approach / Melnik K.V., Goloskokov A.E. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2008. – № 49. – P. 101 – 104.

Procedure for fuzzy logic application to solve problem of cardiovascular system diagnostic of patient based on myocardial infarction is considered. Properties of diagnostic is described. Problem solving variant of heart work diagnostic with the help of expert system based on productional model of knowledge presentation. Refs: 8 titles.

Key words: fuzzy logic, diagnostics, myocardial infarction, expert system, productional model of knowledge presentation.

Поступила в редакцию 10.10.2008