

УДК 57.087.1

А. Н. ПЕТРЕНКО, Б. И. СКОРИК, М. В. ЧОРНЕНКО

Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара, Украина

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПЕЧЕНИ

Рассмотрена важность проблем интеллектуализации принятия решений в медицинской диагностике. В этой связи выбрано направление разработки систем экспертной диагностики, на базе нечеткой логики. Были выбраны 9 самых распространенных заболеваний печени и разработаны правила принятия решения о наличии заболевания у пациента на основе показателей анализов крови и симптомов. Описана модель информационной системы принятия решения о состоянии пациента на базе нечеткой логики. Данная система разработана в среде Matlab. Сделан вывод об эффективности разработки такой системы для медицинской диагностики.

Ключевые слова: заболевания печени, общий анализ крови, биохимический анализ, теория нечетких множеств, программное обеспечение, скрининг.

Введение

Медицина представляет собой слабо структурированную область знания, что создает серьезные трудности при построении систем процесса принятия решений. В то же время, в практической деятельности врач выстраивает последовательность умозаключений, опирающихся на представлениях о связи наблюдаемых у больного признаков с определенным диагнозом.

В одних случаях, характеризующихся классическими проявлениями болезни, гипотеза или даже окончательное решение возникает уже в процессе осмотра, в других - только после обследования. Следует отметить, что последовательность диагностических исследований может подвергаться коррекции, а иногда и коренной трансформации, в зависимости от получаемых в процессе обследования результатов. Быстрота принятия решения зависит как от квалификации и диагностического "чутья" врача, так и от особенностей проявления заболевания у конкретного больного. При создании экспертной системы следует учитывать, что у врачей существуют индивидуальные неявные предпочтения к порядку обследования больного и роли выявляемых симптомов, т.е. различная степень внимания к фактам, а иногда и пренебрежения некоторыми из них ввиду предполагаемой незначительности, иногда ошибочной, для рассматриваемой гипотезы.

Именно поэтому в медицине неэффективно использовать только статистическую обработку информации и весьма перспективно использовать концепцию нечетких множеств.

Существует множество экспертных систем диагностики, но построенных на базе нечеткой логики

очень мало и они мало исследованы.

Концепция нечеткого множества зародилась у Заде, как неудовлетворенность математическими методами классической теории систем, которая вынуждала добиваться искусственной точности, неуместной во многих системах реального мира, особенно в так называемых гуманистических системах, включающих людей [1].

В последних публикациях указывается, что информационные технологии на базе нечеткой логики, находят успешное применение в таких отраслях как медицинская и техническая диагностика, но пока существует мало разработок. Требуется разработка новых технологий для медицинской диагностики, чтобы охватить наиболее важные заболевания [2].

Основные преимущества методов нечеткой логики заключаются в возможности описать процессы диагностики лингвистически (в словесных логических правилах). Следовательно, с помощью естественно-языковых высказываний «Если-то», с последующей их формализацией средствами теории нечетких множеств, можно сколь угодно точно отразить произвольную взаимосвязь «входы-выход» без использования традиционно применяемого сложного аппарата дифференциального и интегрального исчисления.

Простота нечеткой логики, как методологии решения проблем диагностики и контроля гарантирует ее успешное использование во встроенных системах контроля и анализа информации.

В последнее время нечеткое моделирование является одной из наиболее активных и перспективных направлений прикладных исследований в области управления и принятия решений. Нечеткое

моделирование оказывается особенно полезным, когда в описании систем и процессов присутствует неопределенность, которая затрудняет или даже исключает применение точных количественных методов и подходов, что характерно для результатов медицинских данных.

Экспертные системы диагностики - это прикладные системы, в которых база знаний представляет собой формализованные эмпирические знания высококвалифицированных специалистов в какой-либо предметной области.

Система нечеткого вывода - система, основанная на концепциях теории нечетких множеств, нечетких правил импликации и нечеткого рассуждения. Она успешно применяется в таких областях как автоматическое управление, классификация данных, анализ принятия решений, экспертные системы и машинное зрение.

Из-за междисциплинарного характера, система нечеткого вывода известна под такими названиями как система, основанная на нечетких правилах, нечеткая экспертная система, нечеткая модель, нечеткая ассоциативная память, нечеткий логический контроллер и просто (и неоднозначно) нечеткая система.

Очевидно, что с практической точки зрения целесообразно продолжение работ в направлении разработки экспертных систем, основанных на нечеткой логике для таких областей как здравоохранение.

В данной работе предложена разработка модели информационной системы принятия решения о состоянии пациента на базе нечеткой логики. Для реализации данной цели целесообразно проанализировать примеры создания систем, представленных в работах [3, 4].

Постановка задачи

Целью работы является разработка информационной экспертной системы диагностики на базе нечеткой логики.

Рассматривается задача создания модели информационной системы на базе нечеткой логики для обработки данных в медицинской диагностике. Для создания модели системы используются данные о хронических заболеваниях печени.

Схема процесса нечеткого вывода в упрощенном виде представлена в следующем виде:

- первый этап нечеткого вывода – фазификация, которая организует ввод и преобразование введенных данных в соответствующие лингвистические значения;

- за процедуру непосредственно нечеткого вывода ответственна машина нечеткого логического вывода, которая производит второй этап процесса

вывода на основании задаваемой нечеткой базы знаний (набора правил), этап композиции (определение уровня пригодности каждого правила к конкретной ситуации);

- дефазификатор выполняет последний этап нечеткого вывода – преобразует нечеткие результаты вывода в понятный пользователю.

Схема процесса нечеткого вывода представлена на рис. 1.

Система нечеткого вывода состоит из пяти функциональных блоков (рис.1):

- база правил, содержащая набор нечетких правил импликации;
- база данных, которая определяет функции принадлежности нечетких множеств, используемых в нечетких правилах;
- модуль принятия решения, который выполняет операции вывода на правилах;
- фазификатор, который преобразует четкие входы в степень соответствия лингвистическим значениям;
- дефазификатор, который преобразует нечеткие результаты вывода в четкий вывод.

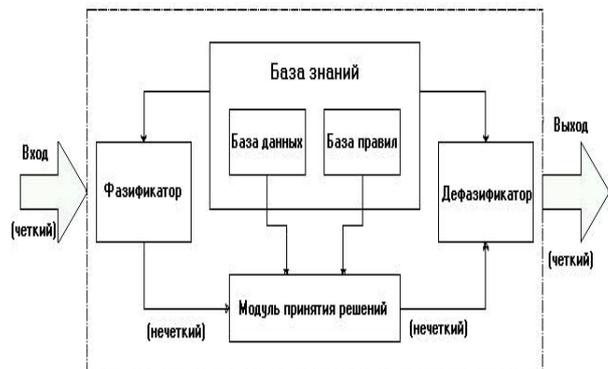


Рис. 1. Схема нечеткого вывода

Данная схема нечеткого вывода может быть применена во многих системах диагностики. Для решения поставленной задачи используется приведенный ниже алгоритм скрининга [2].

Система нечеткого вывода для заболеваний печени

Наиболее распространённым видом диагностики в медицине является скрининг. Скрининг - стратегия в организации здравоохранения, направленная на выявление заболеваний у клинически бессимптомных лиц в популяции. Цель скрининга – по возможности раннее выявление заболеваний, что позволяет обеспечить раннее начало лечения в расчёте на облегчение состояния пациентов и снижение

смертности. Несмотря на то, что скрининг способствует ранней диагностике, не все скрининговые методы демонстрируют однозначную пользу. По этим причинам скрининговые исследования должны обладать достаточной чувствительностью и допустимым уровнем специфичности.

В этой связи актуальным является разработка диагностических скрининговых информационных систем для диагностики заболеваний печени, которые обладали бы достаточной гибкостью в настройке и применении к широкому классу прикладных задач и значительно повышающих скорость диагностики заболеваний на первичном медицинском уровне.

Для реализации модели данной информационной системы очень эффективно использовать аппарат нечеткой логики. Особенностью медицинских данных является сложность их обработки, связанной с разным характером их представления. На рисунке 2 представлена модель информационной системы для скрининга хронических печеночных заболеваний при помощи нечеткой логики, реализация которой возможна в соответствующих программах.



Рис. 2. Структура информационной системы скрининга

Блок управления базами объединяет базу знаний и базу данных и позволяет эффективно использовать знания путем независимого доступа к ним.

Блок ведения диалога при расспросе представляет собой программу для ввода в режиме диалога симптомов и их степени проявления, о которых говорит больной, и получения результатов диагностики. Состоит из группы подпрограмм для ведения расспроса, отображения, выводов, проверки симптомов и обработки ошибок.

Блок помощи в приобретении знаний предназначен для ввода знаний от врачей и других экспертов и их пакетной обработки. Состоит из группы подпрограмм для регистрации взаимосвязи симптомов и болезней, сообщений, параметров, отображе-

ния входных сообщений, проверки базы знаний и других операций.

Блок выводов выполняет отображение результатов и печать сведений, поясняющих как система пришла к данному выводу [3].

Одни из самых распространенных заболеваний печени, которые возможно выявить на первичном уровне:

- первичный билиарный цирроз;
- аутоиммунный гепатит;
- первичный склерозирующий холангит;
- гепатоцеллюлярная карцинома;
- болезнь Коновалова-Вильсона;
- гемохроматоз;
- Альфа-1 антитрипсиновая недостаточность;
- вирусный гепатит;
- лекарственный гепатит.

Для диагностики выше перечисленных заболеваний важно провести три вида исследований, а именно: общий анализ крови, биохимический анализ крови и коагулограмма. Для быстрой экспресс-диагностики не требуется обработка всех показателей, эффективным является анализ только тех показателей, изменение которых характерно для соответствующих заболеваний. Также важно выделить симптомы, которые характерны именно выбранным заболеваниям.

Когда выделены основные показатели анализов и основные симптомы для каждого заболевания, возможно провести обработку с помощью модели представленной на рисунке 2. В результате получим экспресс-скрининговую систему диагностики хронических заболеваний печени на первичном медицинском уровне. Так как стоимость комплексной диагностики велика, данная модель информационной системы диагностики, является еще и экономически выгодной, поскольку позволяет проанализировать состояние пациента на первых этапах обследования.

Модель разработанной информационной системы

Разработанная система расспроса и предварительной диагностики позволяет получить достоверные результаты диагностирования и приемлемую скорость обработки. Системы с базой медицинских знаний, имеющие функции выводов, имеют высокую практическую ценность не только для диагностики печеночных заболеваний, но для многих областей медицины.

На рисунке 3 представлена графическая схема реализации информационной системы на базе нечеткой логики «Vivod» в программе MATLAB. Для

построения нечеткого вывода используется fuzzy toolbox в MATLAB. Использован алгоритм нечеткого вывода Mamdani.

Алгоритм примечателен тем, что он работает по принципу «черного ящика». На вход поступают количественные значения, на выходе они же. На промежуточных этапах используется аппарат нечеткой логики и теория нечетких множеств. В этом и состоит элегантность использования нечетких систем. Можно манипулировать привычными числовыми данными, но при этом использовать гибкие возможности, которые предоставляют системы нечеткого вывода.

В данной информационной системе представлена обработка результатов анализов крови и вывод на экран предполагаемого заболевания.

На входе находятся показатели анализов крови, изменения которых наиболее характерны для печеночных заболеваний. В блоке знаний «Vivod» анализируются изменения показателей анализов крови с помощью нечетких правил, всего правил 9, соответствующие для каждого заболевания.

Каждое правило составлено по наиболее информативным показателям при помощи редактора базы знаний Rule Editor. Данный редактор предназначен для формирования и модификации нечетких правил.

Функции принадлежности входных и выходных переменных задаем в редакторе Membership function editor.

Вывод основных параметров в виде графической схемы возможен с помощью функции plotfis. Входы системы изображены в левой части окна, выходы – в правой части, в центре – база знаний. Такой графический вид удобен для визуализации созданной системы.

Правило о состоянии человека строится следующим образом:

- анализ входящих значений анализов крови, при помощи нечетких правил;
- вывод о предполагаемом заболевании.

С помощью функции showrule можно посмотреть правила разработанной информационной системы на базе нечеткой логики. На примере рассмотрим правило для идентификации заболевания первичного билиарного цирроза:

If (Билирубин is повышен) and (ЩФ is повышена) and (липопротеины is повышены) and (Железо is повышено) and (АлАТ is повышена) and (АсАТ is повышена) and (альбумин is понижен) and (гамма-глобулин is повышен) and (бета-глобулин is повышен) and (ферритин is норма) and (ГГТП is повышен) and (калий is норма) and (СОЭ is повышена) and (лейкоциты is повышены) and (тромбоциты is норма) and (гемоглобин is норма) and (эритроциты is норма) and (нейтрофилы is норма) and (протромбиновое_время is увеличено) and (фибриноген is норма) and (время_свертывания_крови is увеличено) then (заболевание is ПБЦ),

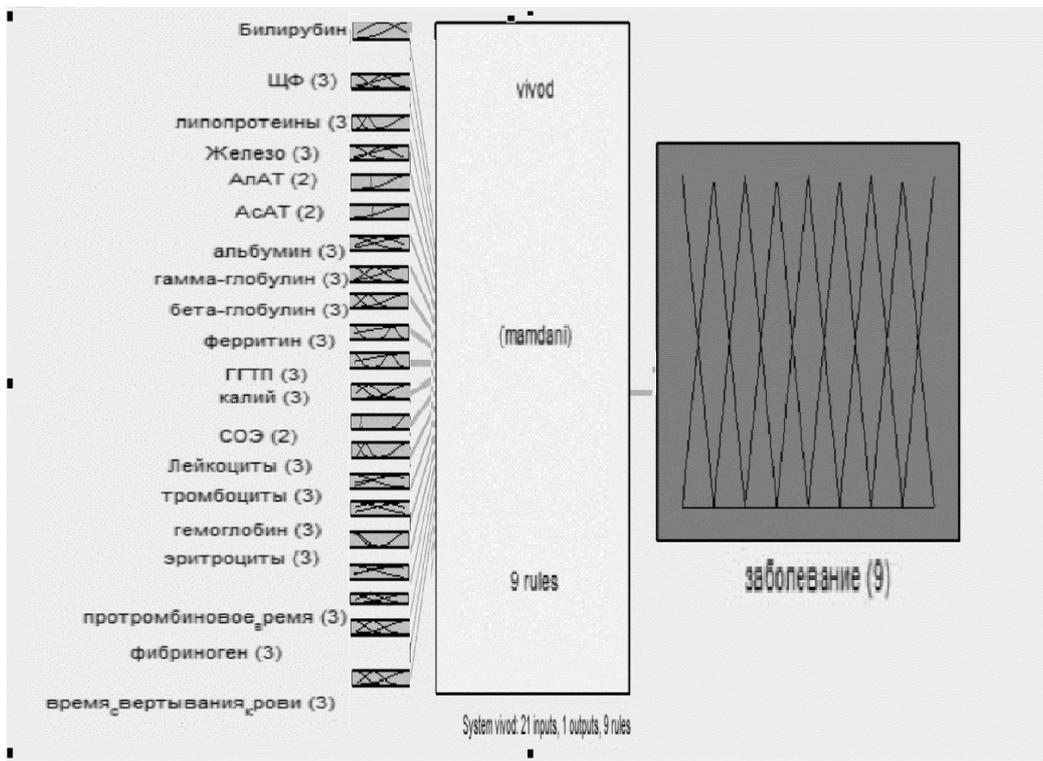


Рис. 3. Графическая схема нечеткого вывода

где ЩФ – щелочная фосфатаза, АлАТ – аланинаминотрансфераза, АсАТ – аспаргатаминотрансфераза, ГГТП – гамма-глутамилтранспептидаза, СОЭ – скорость оседания эритроцитов), ПБЦ – первичный билиарный цирроз.

Аналогично для каждого заболевания рассматриваем показатели анализов крови.

Заключение

В современном мире важным является разработка диагностических систем, которые позволят быстро и экономически выгодно выявить заболевание человека. Проблема хронических поражений печени является одной из самых сложных в гастроэнтерологии.

Рассмотрение заболеваний печени очень важно для диагностики на первичном уровне. Диагностика данных заболеваний с помощью экспертных систем возможна с помощью обработки показателей общего анализа крови, биохимического анализа крови и когулограммы. К данным, используемым для вывода о состоянии пациента, вносятся пол и возраст.

Система нечеткого вывода является новым путем для решения вопроса качественной и быстрой диагностики. Нечеткое моделирование оказывается особенно полезным, когда в описании систем и процессов присутствует неопределенность, которая затрудняет или даже исключает применение точных количественных методов и подходов, что характерно для медицинских данных.

Нечеткое моделирование позволяет получать более адекватные результаты по сравнению с результатами, которые основываются на использовании традиционных аналитических моделей и алгоритмов управления.

Преимущество нечеткой логики в том, что она не так однозначна как статистическая обработка и допускает множество вариантов развития. Нечеткая логика нацелена на создание математической модели естественных человеческих соображений, в которых принципиальную роль играет естественный язык. В общем, нечеткая логика является результатом градуированного подхода к формальным логическим схемам.

Важно подчеркнуть, что это не является результатом ненужных бесконечных обобщений. Благодаря применению градуированных подходов, нечеткая логика обеспечивает решение некоторых

классически неразрешимых проблем.

В будущем можно совместить статистическую обработку и нечеткую логику для комплексного анализа показателей анализа крови и прогнозирования диагноза и стандартов лечения.

Посредством создания систем смешанного типа, объединяющих в себе элементы нечеткой логики, экспертных систем, основанных как на извлекаемых знаниях из эмпирических данных, так и на экспертных знаниях, возможно разработать эффективные методы автоматизированного анализа субъективных, объективных, статистических и расчетных данных.

Можно сделать вывод, что использование экспертных диагностических систем для информационной обработки данных медицинских исследований в области гастроэнтерологии является очень актуальным. Разработка информационно-измерительной технологии обработки результатов анализов и симптомов больного возможно с использованием нечеткого моделирования и разработки программного обеспечения на базе современных программ обработки данных.

Применение современных приборов и информационно-измерительных технологий обработки результатов исследований очень важно в отечественных больницах, для улучшения работы врачей и здоровья пациентов, но все это требует достойного финансирования со стороны государства.

Литература

1. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств [Текст] : пер. с франц. / А. Кофман. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.
2. Зак, Ю. А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных [Текст] / Ю. А. Зак. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 94 с.
3. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB [Текст] / С. Д. Штовба. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 228 с.
4. Тэрано, Т. Прикладные нечеткие системы [Текст] / Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. – М. : Мир, 1993. – 368 с.

Поступила в редакцию 20.05.2014, рассмотрена на редколлегии 11.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. каф. радиоэлектронной автоматики А. Д. Хасхачих, Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара, Днепропетровск.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЕКСПРЕС-ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ ПЕЧІНКИ

О. М. Петренко, Б. І. Скорік, М. В. Чорненко

Розглянуто важливість проблем інтелектуалізації прийняття рішень в медичній діагностиці. У цьому зв'язку обрано напрямок розробки систем експертної діагностики, на базі нечіткої логіки. Були обрані 9 найпоширеніших захворювань печінки та розроблені правила прийняття рішення про наявність захворювання у пацієнта на основі показників аналізів крові та симптомів. Описано модель інформаційної системи прийняття рішення про стан пацієнта на базі нечіткої логіки. Дана система розроблена в середовищі Matlab. Зроблено висновок про ефективність розробки такої системи для медичної діагностики.

Ключові слова: захворювання печінки, загальний аналіз крові, біохімічний аналіз, теорія нечітких множин, програмне забезпечення, скринінг.

INFORMATION SYSTEM RAPID DIAGNOSIS OF LIVER DISEASES

A. N. Petrenko, B. I. Skorik, M. V. Chornenko

Examined importance of the problems of intellectualization decision-making in medical diagnosis. In this regard, the development direction of the selected systems expert diagnosis, based on fuzzy logic. 9 were selected the most common diseases of the liver and developed decision rules of a disease in a patient on the basis of indicators of blood tests and symptom. The model of information system of decision-making on the patient's condition based on fuzzy logic. This system was developed in the environment of Matlab. The conclusion about the effectiveness of the development of such a system for medical diagnosis.

Key words: liver disease, complete blood count, biochemical analysis, the theory of fuzzy sets, software, screening.

Петренко Александр Николаевич – д-р техн. наук, профессор, декан физико-технического факультета, Днепропетровский национальный университет им. Олесь Гончара, Днепропетровск, Украина.

Скорик Борис Иванович – канд. техн. наук, доцент, заместитель декана физико-технического факультета, Днепропетровский национальный университет им. Олесь Гончара, Днепропетровск, Украина.

Чорненко Марина Владимировна – аспирант каф. радиоэлектронной автоматики, физико-технического факультета, Днепропетровский национальный университет им. Олесь Гончара, Днепропетровск, Украина, e-mail: marishka1_89@ukr.net.