

УДК 004.82

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ПУЛЬСОВОЙ ДИАГНОСТИКИ*

М.Г. ГРИФ¹, А. ЮМЧМАА²

¹ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, доктор технических наук, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления. E-mail: grifmg@mail.ru

² 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, аспирант кафедры автоматизированных систем управления. E-mail: yumchmaa@must.edu.mn

Пульсовая диагностика – один из интересных и трудных для восприятия современных врачей разделов диагностики в классической традиционной медицине. Эта диагностика подразумевает улавливание врачом максимального количества особенностей пульсовой волной пациента [1]. По пульсу можно определить изменения в тех или иных меридианах, сочетания которых позволяют увидеть предрасположенность к развитию нарушений в различных органах и системах. Благодаря пульсовой диагностике становится возможным подобрать алгоритм лечения, необходимый в данный момент данному пациенту. Традиционная медицина, в отличие от западной медицины, рассматривает организм человека как единое целое, где всё находится в тесной взаимосвязи и взаимодействии друг с другом. По пульсу каждого человека можно определить не только уже начавшиеся болезни, но и те проблемы, которые были или, наоборот, еще только формируются. Это дает возможность врачу, владеющему подобным методом, лечить не только уже существующие заболевания, но и предотвращать развитие новых [2]. Современный диагностический процесс построен на соотношении отдельных патологических признаков (симптомов заболевания) с различными анатомическими органами и тканями (а также с данными лабораторных анализов) – на основании модели развития того или иного заболевания, принятой в медицинской науке в форме выделения «нозологических единиц» – наиболее общих схем развития болезней, учитывающих пусковое («причинное») начало. Разработка автоматизированных систем пульсовой диагностики являются продолжением работ, ведущихся в Бурятском научном центре СО РАН с 1983 года. В настоящей статье предлагается способ совместного использования идей западной и восточной медицины (пульсовой диагностики) в диагностической медицинской экспертной системе.

Ключевые слова: диагностика, пульсовая диагностика, вероятность симптома, мера вероятности, современная диагностика, традиционная диагностика, цель диагностики, принятие решения, экспертная система

DOI: 10.17212/2307-6879-2015-3-114-133

* Статья получена 15 июля 2015 г.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема здравоохранения является одной из самых важных секторов в любой стране. Поэтому и современные исследователи нацелены на внедрение своих передовых научно-технических разработок в здравоохранение. Самая ранняя медицинская экспертная система была разработана более чем 40 лет назад [3]. Во-первых, медицинские системы были созданы, чтобы иметь дело с проблемами решения задач, используя знание эксперта [4]. С этого времени искусственный интеллект значительно развивался в теории, используемой в экспертных системах, базах данных, базах знаний и в решении задач. Эти технические и технологические аспекты дают шанс исследователям разработать эффективные экспертные системы в медицине. Такие экспертные системы являются хорошими помощниками для принятия решений медицинскими специалистами.

В середине 1970-х годов четыре экспериментальные системы были расценены как первое применение искусственного интеллекта в области медицины. Все четыре привлекали методы искусственного интеллекта для ввода большого объема специализированных медицинских знаний, приобретаемых из клинической литературы и от опытных сотрудников. Одной из этих четырех экспериментальных систем является MYCIN, применяемая для консультирования врачей по вопросам антибактериального выбора для пациентов с бактериемией или менингитом, а также подобные медицинские экспертные системы: ONCOCIN, DIAVAL, DENDRAL, PUFF, HERSAY-II [5].

Экспертная система для медицины обычно предназначалась для врача, медсестры в системе здравоохранения. Экспертная система оценки состояния здоровья пациента должна объяснять, какую проблему со здоровьем обнаружила в его теле. Если пациент требует подтверждения, экспертная система объясняет пациенту на основе фактов и доказательств, как приходит к такому решению. Экспертная система для медицины (врачи, медсестры) разработана для консультаций, диагностирования или лечения [6]. Экспертная система призвана провести диагностирование на уровне опытного врача [7].

В последнее время современная медицина сосредоточивается на одной большой концепции по раннему предотвращению болезни. В рамках этой идеи стремятся обеспечить процесс диагностирование без врача, с использованием медицинской диагностической экспертной системы. Медицинская экспертная система является самодиагностической системой, основанной на фундаментальных медицинских знаниях, процессе решения задач и управления пациентом.

1. ТРАДИЦИОННЫЕ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ

В наше время глобальная тенденция предполагает возможность исследования причин любой болезни не только на основе стандартных методов и параметров. Это означает использование информационных технологий для медицины и процесса мультидиагностирования. В настоящее время большое количество научных коллективов стремится совместить методы искусственного интеллекта, традиционную диагностику и диагноз пульса (диагноз ощупыванием). Если эта цель будет успешно достигнута, то будет создано виртуальное современное медицинское оборудование диагностирования, базируемое как на теоретических, так и на прикладных методах [8].

Например, автоматизированные диагностические системы могут быть оснащены методом диагностики пульса, базирующимся на аппарате искусственного интеллекта. Диагноз пульса использовался и в современной, и в народной медицине [9]. Анализ источников по пульсодиагностике традиционной медицины показывает огромные возможности для получения биомедицинской информации о состоянии человеческого организма. Но извлечение этой информации средствами современной радиоэлектроники сопряжено с большими трудностями, связанными с разработкой и изготовлением не только датчиков пульса, имитирующих действия трех пальцев лекаря, но и целого комплекса электронно-вычислительной и робототехнической аппаратуры, предназначенной для регистрации, анализа и управления датчиками пульса, устанавливаемыми на лучевой артерии запястья пациента [10]. Для постановки диагноза прослушивается шесть меридианов на каждой руке (рис. 1).

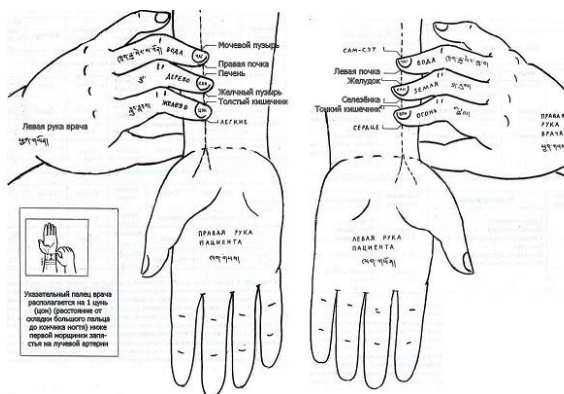


Рис. 1. Расположение рук врача и пациента при пульсодиагностике [11]

При использовании метода пульсовой диагностики в традиционной медицине был проведен анализ диагностической значимости временных параметров пульсового сигнала лучевой артерии для определения состояния регуляторных систем организма. Целью данного исследования было изучение диагностической значимости временных параметров пульсового сигнала лучевой артерии применительно к задаче определения состояния регуляторных систем организма, диагностируемого по традициям тибетской медицины. Проводимые исследования являются продолжением работ, ведущихся в Бурятском научном центре СО РАН с 1983 года. К настоящему времени определена и сформирована источниковедческая база исследований, разработаны и апробированы датчики пульса, создан пилотный образец автоматизированного пульсодиагностического комплекса, начаты работы по созданию экспертных диагностических систем, реализующих два метода тибето-монгольской медицины – осмотр и опрос. Продолжаются исследования в области математической обработки пульсовых сигналов, создания оболочек экспертных систем [12].

Современный диагностический процесс построен на корреляции отдельных патологических знаков (симптомы болезни) с различными анатомическими телами и тканями (и также с данными лабораторных исследований) – на основе модели развития болезни, принятой в медицинской науке в форме выбора «нозологических единиц» [1]. Современные методы диагностики позволяют расшифровывать индивидуальный патогенез у пациентов; проводить мониторинг развития заболевания; оценивать риск факторов, влияющих на тяжесть заболевания; осуществлять правильный контроль за назначением и приемом препаратов. На рис. 2 показан процесс диагностики.

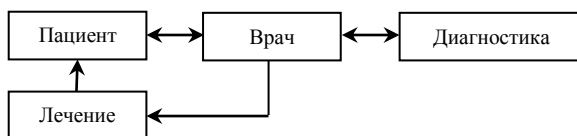


Рис. 2. Процесс диагностики

Современные технические возможности позволяют выйти на качественно новый уровень представления течения заболевания, а именно визуально, на основе соответствующих математических моделей пространственно смоделировать типовое развитие патологического процесса при конкретном заболевании. Уже сейчас, на современном этапе развития медицины, информационные нагрузки достигают пределов человеческих возможностей. Медицинские экспертные системы позволяют врачу не только проверить собственные диагно-

стические предположения, но и обратиться к компьютеру за консультацией в трудных диагностических случаях. Все вышеперечисленные свойства являются типичными для медицинских задач, так как в большинстве случаев они представлены большим объемом многомерных, запутанных, а порой и противоречивых клинических данных. Экспертная система позволяет решать задачи диагностики, дифференциальной диагностики, прогнозирования, выбора стратегии и тактики лечения и др. [13].

Например, СППВР «Аймедика» использует методы искусственного интеллекта к относится к классу интеллектуальных систем. Структура СППВР «Аймедика» включает в себя базу знаний, содержащихся в более чем 22 млн медицинских источников, и интеллектуальный алгоритм вопрос-ответной системы, позволяющей вести диалог с пользователем, нацеленный на постановку диагноза за наименьшее количество вопросов о симптомах [14].

2. ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ ПУЛЬСОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Тибетская медицина является одной из древних медицинских систем, и используется уже многие тысячи лет. Это медицина, основанная на физиологии и философии буддизма [15]. В этом состоит коренное отличие тибетской медицины от западной, усилия которой направлены лишь на устранение симптомов, и лечение не затрагивает подлинной сути болезни. Восточная диагностика имеет свои особенности. Целью диагностики в тибетской медицине является установление истинных причин заболевания с тем, чтобы посредством лечения устранить их и вернуть организм в здоровое состояние. В тибетской медицине диагноз разделен на три составляющие:

- осмотр;
- прикосновение;
- опрос.

Диагноз через прикосновение в тибетской медицине осуществляется считыванием пульса. В тибетской медицине нарушения разных органов диагностируются с помощью измерения пульса. Пульсовая диагностика является одним из древних методов обследования, так как существует она с давних времен. Форма пульса показывает ситуацию некоторых органов и всего организма, а ещё внешнее и внутреннее состояние тела. Диагностика по пульсу безусловно является одной из наиболее выдающихся форм диагностики [16].

Решение задачи автоматизации медицинской диагностики возможно при наличии надежных, устойчивых методов выделения и анализа диагностически значимых характеристик физиологических сигналов. В качестве таковых можно рассматривать их амплитудно-временные характеристики. Такой анализ дает достаточное количество информации для определения критериев

постановки диагноза, поскольку протекание любого физиологического процесса, регистрируемого в виде электрического сигнала, напрямую связано с теми или иными характерными свойствами этого сигнала в пространстве анализируемых параметров (амплитуда, фаза, геометрия контура) [17].

Кровь является постоянным параметром живой системы организма. Медицинское человеческое тело всегда изменяется во время его целой жизни. Поэтому изменения крови показывают патологические различия в человеческом теле. Однако число видов пульса в диагностическом эксперименте ограничено. Один из основных способов – это сравнение симптомов заболевания и пораженных органов, причин и происхождения, методов лечения. Нормальный пульс является чувствительным и точным измеримым стандартом здоровья. Это позволяет нам обнаружить ранние отклонения от здоровья. Эти возможности почти полностью отсутствуют в нашей современной системе здравоохранения [18].

Медицинская экспертная система является частью человеко-машинной системы. Эта система принимает решение, основанное на медицинских знаниях, рассуждении, объяснении и заключениях. Экспертная система включает в свою архитектуру не только базу данных, но и базу знаний экспериментов для того, чтобы сформировать правила вывода [19].

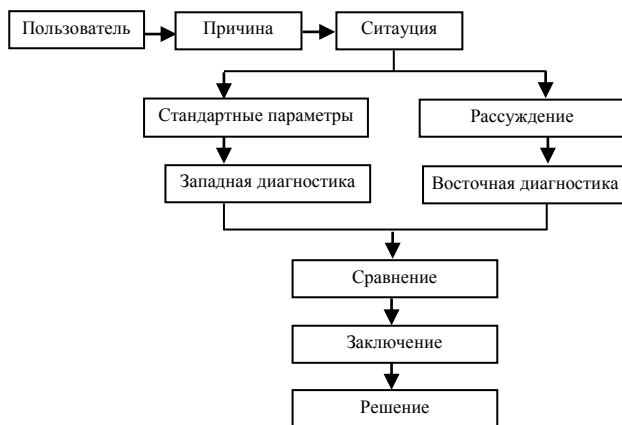


Рис. 3. Схематическая диаграмма диагностической системы

На рис. 3 показана версия диагностической системы пульсовой диагностики, включающей в себя методы восточной и западной медицины. Данная система будет работать в двух основных режимах. В первом она будет использовать современные информационные методы западной диагностики,

а во втором будет подключаться модуль пульсовой диагностики. Эта возможность должна позволить улучшить качество диагностирования различных болезней.

Рассмотрим пример работы экспертной системы (рис. 4).

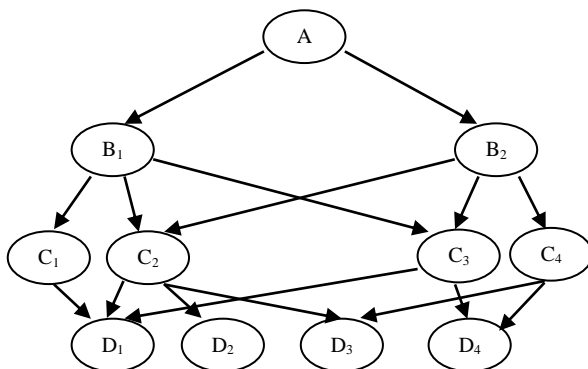


Рис. 4. Дерево правил диагностической экспертной системы

У пользователя X имеется проблема Y. Пользователь хочет проконсультироваться с экспертной системой. Он запрашивает справочную информацию, и экспертная система дает ему ответ (решение). Экспертная система будет функционировать следующим образом:

Ввод – Задача A;

Выход – Решения D₁;

Решение принято:

способ 1 – фактами B₁ и C₁ используя правил A->B₁->C₁->D₁;

способ 2 – фактами B₁ и C₂ используя правил A->B₁->C₂->D₁;

способ 3 – фактами B₂ и C₃ используя правил A->B₂->C₃->D₁.

Такое объяснение может дать пользователю более четкое представление, как принято решение или как экспертная система пришла к оптимальному решению. Правила объяснения могут быть описаны в виде продукций:

ЕСЛИ Задача A ТО

ЕСЛИ B₁ ТО

ЕСЛИ C₁ ТО D₁

ЕСЛИ Задача A ТО

ЕСЛИ B₂ ТО

ЕСЛИ C₂ ТО D₁

ЕСЛИ Задача A ТО

ЕСЛИ B₂ ТО

ЕСЛИ C₃ ТО D₁

Набор правил можно обозначить через $R_1 = \{B_1, B_2, \dots, B_i\}$, где $i = 1, \dots, n$; $R_2 = \{c_1, c_2, \dots, c_j\}$, где $j = 1, \dots, m$. Сами решения обозначим как $D_1 = \{D_1, D_2, \dots, D_r\}$, где $r = 1, \dots, k$. Число наборов правил будет зависеть от базы знаний. Каждая экспертная система может использовать различные алгоритмы для принятия решений. Но механизмы логического вывода не находятся в нашем фокусе исследования [20]. Метод диагноза пульса в народной медицине будет полезен, чтобы совместить полученный диагноз с современным медицинским диагнозом для сердечно-сосудистой системы и исследовать внутреннюю ситуацию болезни, автоматически обнаружить причинную ситуацию [10].

Английский врач Джорж В. Пикеринг писал: «Диагноз является вопросом вероятностным, прогноз – это также вопрос вероятности, включая возможные методы лечения». Субъективная мера вероятности используется врачами для анализа дискретного набора симптомов пациента. Вероятности служат для количественного выражения неопределенности, а субъективные меры вероятности позволяют выразить степень уверенности относительно данного признака, симптома или диагноза. Все вероятности можно рассматривать как условные. Субъективная мера условных вероятностей является вероятностным выражением знания, приобретенного из опыта. Одно из математических построений, известное как формула Байеса, позволяет при помощи субъективной меры условных вероятностей совместно использовать наблюдаемые данные и известную ранее информацию в целях решения задачи дифференциальной диагностики. Субъективная мера вероятности, субъективная мера условно вероятности и формула Байеса будут рассмотрены более детально при обсуждении Байесовской стратегии принятия решения.

Она используется для вычисления вероятностей тех или иных заболеваний. Так, если b_1, b_2, \dots, b_n – болезни; C – некоторый симптом, имеющий отношение к ним, а условные вероятности $P\left(\frac{C}{b_i}\right)$ проявления этого признака при каждой болезни b_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) заранее известны, то формула Байеса позволяет вычислить условные вероятности заболеваний $P\left(\frac{b_1}{C}\right)$ после того, как установлено, что характерный симптом C присутствует у пациента.

Если вероятность совместного появления зависимых событий C и B не зависит от того, в каком порядке они происходят, то

$P(B, C) = P(B) \cdot P\left(\frac{C}{B}\right) = P(C) \cdot P\left(\frac{B}{C}\right)$. В этом случае условную вероятность одного из событий можно найти, зная вероятности обоих событий и условную вероятность второго:

$$P\left(\frac{C}{B}\right) = \frac{P(B) \cdot P\left(\frac{B}{C}\right)}{P(B)}. \quad (1)$$

Обобщением данной формулы на случай многих событий является формула Байеса.

Пусть n несовместных случайных событий $\bar{b}_1, \bar{b}_2, \dots, \bar{b}_n$ образуют полную группу событий. Вероятности этих событий – $P(\bar{b}_1), P(\bar{b}_2), \dots, P(\bar{b}_n)$ известны, и так как они образуют полную группу, то

$$\sum_{i=1}^n P(\bar{b}_i) = 1. \quad (2)$$

Некоторое случайное событие C связано с событиями $\bar{b}_1, \bar{b}_2, \dots, \bar{b}_n$, причем известны условные вероятности появления события C с каждым из событий \bar{b}_i , т. е. известны $P\left(\frac{C}{\bar{b}_1}\right), P\left(\frac{C}{\bar{b}_2}\right), \dots, P\left(\frac{C}{\bar{b}_n}\right)$. При этом сумма условных вероятностей $P\left(\frac{C}{\bar{b}_i}\right)$ может быть не равна единице т. е.

$$\sum_{i=1}^n P(\bar{b}_i) \neq 1. \quad (3)$$

Тогда условная вероятность появления события \bar{b}_i при реализации события C (т. е. при условии, что событие C произошло) определяется формулой Байеса:

$$P\left(\frac{\bar{b}_i}{C}\right) = \frac{P(\bar{b}_i) \cdot P\left(\frac{C}{\bar{b}_i}\right)}{P(\bar{b}_1) \cdot P\left(\frac{C}{\bar{b}_1}\right) + P(\bar{b}_2) \cdot P\left(\frac{C}{\bar{b}_2}\right) + \dots + P(\bar{b}_n) \cdot P\left(\frac{C}{\bar{b}_n}\right)}. \quad (4)$$

Причем для этих условных вероятностей

$$\sum_{i=1}^n P\left(\frac{\delta_i}{C}\right) = 1. \quad (5)$$

Формула Байеса очень полезна для оценки многих других медико-биологических ситуаций, что станет очевидным при решении приведенных в пособии задач [21].

Если исследователи из двух различных клиник хотят объединить данные для $P\left(\frac{\delta_i}{C}\right)$, то нужно, чтобы они пришли к соглашению о диагностических

критериях и изучили возможные различия в рассматриваемых популяциях пациентов. Некоторые диагностические критерии могут быть полезными для одного врача или небольшой группы врачей, но в какой-то момент времени возникает необходимость в согласованных критериях для большой группы медиков.

Целью диагностики в тибетской медицине является установление истинных причин заболевания с тем, чтобы посредством лечения устранить их и вернуть организм в здоровое состояние. В этом состоит коренное отличие тибетской медицины от аллопатической (западной), усилия которой направлены лишь на устранение симптомов, и лечение не затрагивает подлинной сути болезни. Вот почему представители западной медицины, как правило, не находят времени, чтобы узнать обстоятельства возникновения и развития болезни, характер питания и образ жизни своего пациента, его психоэмоциональное состояние, и выносят суждение исключительно на основании жалоб больного и одного-двух явных симптомов. Если бы врач стремился выяснить суть болезни, то ошибки при таких скудных данных были бы почти неизбежны [22].

В настоящее время математиками и врачами совместно разработаны несколько методов вычислительной диагностики: детерминистские логические, метод фазового интервала, метод линейных дискриминантных функций, информационно-вероятностный и др. В данной статье рассматривается только последний – вероятностный, основанный на формуле Байеса. Применение вероятностного метода диагностики требует предварительной статистической обработки уже имеющегося клинического материала в виде большого количества историй болезни. Будем считать, что у больного одновременно может быть только одна болезнь из какой-то группы из n заболеваний (диагнозов), обозначаемых $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$. Таким образом, задачей диагностики является выбор одной наиболее вероятной болезни из группы, т. е. речь идет о дифферен-

циальной диагностике. Для распознавания болезней используют признаки, характеризующие какие-либо свойства исследуемого больного (обозначаемые c_1, c_2, \dots, c_n). Например, возраст, давление крови и т. д.

Каждый признак может принимать ограниченное число значений, причем под значением понимают также определенный диапазон изменения признаков. Отдельное значение (или диапазон значений) признака обозначается верхним индексом $K \left(c_1^1, c_1^2, \dots, c_i^k \right)$ и называется симптомом. Для применения вероятностного алгоритма диагностики надо предварительно по статистическим данными найти вероятности симптомов и болезней, за которые приближенно принимают их относительные частоты. Относительной частотой случайного события B называют отношение числа n_B случаев появления этого события B к общему числу N произведенных испытаний (опытов, наблюдений), при которых оно могло появиться $-\frac{n_B}{N}$. При большом числе анализируемых историй болезни вероятность события $P(B)$ и соответствующая ей частота $\frac{n_B}{N}$ не слишком отличаются друг от друга:

$$P(B) = \frac{n_B}{N} \quad (6)$$

(далее вместо знака \approx для простоты будем писать знак равенства $=$, но помнить о приближении). Вероятность симптома c_i^k равна отношению числа больных n_{ik} , имеющих этот симптом, к общему числу N больных во всей группе заболеваний:

$$P(c_i^k) = \frac{n_{ik}}{N}. \quad (7)$$

Вероятность болезни δ_j равна отношению числа больных n_j с этим заболеванием к общему числу N больных во всей группе заболеваний:

$$P(\delta_j) = \frac{n_j}{N}. \quad (8)$$

Условная вероятность $P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right)$ симптома c_i^k при наличии заболевания \bar{o}_j равна отношению числа n_{jik} больных болезнью \bar{o}_j и имеющих при этом симптом c_i^k , к общему числу больных n_j , страдающих этой болезнью:

$$P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right) = \frac{n_{jik}}{n_j}. \quad (9)$$

Условную вероятность $P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right)$ болезни при наличии одного симптома c_i^k можно было бы подсчитать по формуле

$$P\left(\frac{\bar{o}_j}{c_i^k}\right) = \frac{n_{jik}}{n_{ik}}, \quad (10)$$

где n_{jik} — число больных болезнью \bar{o}_j и имеющих симптом c_i^k , а n_{ik} — общее число больных в группе из n заболеваний, имеющих симптом c_i^k .

Если бы мы знали последние вероятности $P\left(\frac{\bar{o}_j}{c_i^k}\right)$, то могли бы установить наиболее вероятный диагноз при наличии у больного симптома c_i^k (по наибольшей из $P\left(\frac{\bar{o}_j}{c_i^k}\right)$).

Однако, во-первых, у больного наверняка обнаружены одновременно несколько симптомов. Во-вторых, в современной медицинской литературе практически отсутствуют сведения о частоте встречаемости различных болезней при наличии соответствующих симптомов, т. е. о приближенном значении $P\left(\frac{\bar{o}_j}{c_i^k}\right)$. В ней можно найти лишь данные об относительной частоте тех

или иных симптомов при соответствующих заболеваниях $\left(\text{т. е. } P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right) \right)$, хотя и таких сведений относительно мало. Вследствие этих и еще ряда причин вероятность $P\left(\frac{\bar{o}_j}{c_i^k}\right)$ заболевания \bar{o}_j при данном симптоме c_i^k рассчитывают не по формуле (10), а по формуле Байеса (11):

$$P\left(\frac{\bar{o}_j}{c_i^k}\right) = \frac{P(\bar{o}_j) \cdot P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right)}{P(c_i^k)}, \quad (11)$$

где $P(c_i^k)$ может быть найдена через $P(\bar{o}_j) \cdot P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right)$ по формуле полной вероятности (12):

$$P(c_i^k) = \sum_{j=1}^n P(\bar{o}_j) \cdot P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right). \quad (12)$$

Подставляя выражения для $P(c_i^k)$ из (6) в (5), получаем расчетную формулу для диагностики:

$$P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right) = \frac{P(\bar{o}_j) \cdot P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right)}{\sum_{j=1}^n P(\bar{o}_j) \cdot P\left(\frac{c_i^k}{\bar{o}_j}\right)}. \quad (13)$$

Однако различия между вероятностями заболеваний при использовании для их подсчета только одного симптома обычно слишком малы, чтобы можно было с большей уверенностью выбрать одно из заболеваний и поставить правильный диагноз. Поэтому для расчетов используют вероятности всех симптомов, установленных у больного. Если считать симптомы c_i^k независи-

мыми друг от друга, то формула Байеса принимает следующий вид (например, для случая четырех симптомов $c_1^1, c_2^1, c_3^1, c_4^1$):

$$P(c_1^1, c_2^1, c_3^1, c_4^1). \quad (14)$$

В случае зависимых симптомов используют другие модификации формулы Байеса (здесь их не будем рассматривать), требующие специального изучения и подсчета вероятностей различных сочетаний симптомов (симптомо-комплексов). Окончательный диагноз с учетом полученных при вычислениях количественных показателей и вероятностей может быть сделан только самим врачом на основании его опыта [23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспертные системы являются крупной областью исследования в информатике. Эти системы предназначены для решения задач на основе накапливаемой базы знаний, отражающей опыт работы экспертов в рассматриваемой проблемной области. Системы такого типа позволяют принимать решения в уникальных ситуациях, для которых алгоритм заранее не известен и формируется по исходным данным в виде цепочки рассуждений (правил принятия решений) из базы знаний. Все экспертные системы имеют сходную архитектуру. Основная функция разрабатываемой экспертной системы заключается в выдаче врачу-терапевту списка достоверной с точки зрения экспертной системы гипотезы дифференциального диагноза на основании введенных симптомов и предполагаемых, имеющих или исключенных сопутствующих диагнозов. У врача должна быть возможность просмотреть ход рассуждений и проследить причинность действий экспертной системы. В настоящее время существуют и онлайн-версии медицинских экспертных систем, где любой пользователь может установить диагноз с той или иной долей вероятности. Одна из подобных систем – СППВР «Аймедика» (<http://www.aimedica.ru>), проект компании IBMWatson. Данная система является бесплатной тестовой версией, где предоставляется возможность установить диагноз болезни или причины недомогания при помощи некоторых симптомов болезни. Бесплатная тестовая версия содержит ограниченный функционал, ограниченный объем базы знаний и симптомов и заболеваний, ограниченный объем справочной информации. Для постановки диагноза СППВР «Аймедика» использует широкий набор данных о пациенте. После того как все вопросы изучены (их количество варьируется в зависимости от болезни), появляются ответы, где в

процентном соотношении предоставляется вероятность наличия той или иной болезни.

Предлагается с целью повышения вероятности правильного диагноза совместить в одной экспертной медицинской системе как стандартные параметры симптомов болезней, так и традиционный диагноз пульса. Это даст возможность врачу принять решение на основе объединенной информации о состоянии здоровья пациента по критериям «западной» и «восточной» медицины. Также важно обеспечить удобный пользовательский интерфейс, приемлемый с точки зрения традиционного метода диагностирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Линде В.А.* Пульсовая диагностика: учебное пособие. – СПб.: Центр Гомеопатии, 2006. – 40 с.
2. Китайская медицина. Пульсовая диагностика [Электронный ресурс]: web-сайт. – URL: http://www.zdoroviev.narod.ru/su_youk.htm (дата обращения: 20.11.2015).
3. *Biomedical engineering handbook* / ed. J.D. Bronzino. – 2nd ed. – Boca Raton, Florida: CRC Press, 2000. – 3189 с.
4. *Муромцев Д.И.* Введение в технологию экспертных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Изд-во ГУ ИТМО, 2005. – 93 с. – URL: <http://www.insycom.ru/html/metodmat/pz/ExpertSystems.pdf> (дата обращения: 18.11.2015).
5. Rule-based expert systems: the MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project [Electronic resource] / ed. by B.G. Buchanan, E.H. Shortliffe. – Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1984. – 742 с. – URL: <http://aitopics.org/publication/rule-based-expert-systems-mycin-experiments-stanford-heuristic-programming-project> (accessed: 18.11.2015).
6. Информационные системы в медицине: учебное пособие / Н.В. Абрамов, Н.В. Мотовилов, Н.Д. Наумов, С.Н. Черкасов. – Нижневартовск: Изд-во НГТУ, 2008. – 171 с.
7. *Shortliffe E.H.* Medical expert systems–knowledge tools for physicians [Electronic resource] // *Western Journal of Medicine*. – 1986. – Vol. 145 (6). – P. 830–839. – URL: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/PMC1307157/ (accessed: 18.11.2015).
8. *Uranchimeg T., Uyanga S., Yumchmaa A.* A prototype of expert system for rural medical centers // 7th International Conference on Frontiers of Information Technology, Applications and Tools, and the 4th PT-ERC International Symposium on Personalized Medicine (FITAT/ISPM 2014), 29 July – 1 August 2014. – Chang Mai, Thailand, 2014. – P. 23–26.

9. Программно-аппаратный комплекс пульсовой диагностики определения типа адаптационной реакции / Л.Х. Гаркави, Н.Ю. Михайлов, Г.Н. Толмачев, А.И. Шихлярова, Е.П. Верескунова // Исследовано в России: электронный журнал, 2003. – Т. 3. – С. 2295–2303.

11. Сидоров С. Рассвет бесконечной жизни. Учебник тибетской медицины [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: Золотое сечение, 2008. – 386 с. – URL: <http://kunpendelek.ru/library/tibetmed/textbooks/dawn-infinite-life/3307/> (дата обращения: 02.06.2015).

12. [Автоматизированный пульсодиагностический комплекс тибетской медицины] [Электронный ресурс]: научные результаты / Институт физического материаловедения СО РАН, Лаборатория волновой диагностики живых систем. – URL: <http://ipms.bscnet.ru/labs/lvdjs/resultats.html> (дата обращения: 02.06.2015).

13. Экспертные системы [Электронный ресурс]. – URL: <http://tpl-it.wikispaces.com/Экспертные+системы> (дата обращения: 18.11.2015).

14. Аймедика [Электронный ресурс]: web-сайт. – URL: <http://www.aimedica.ru> (дата обращения: 18.11.2015).

15. Pasang Y.A. Theory and teaching. Tibetan medicine [Electronic resource]: website. – URL: <http://www.tibetanmedicine-edu.org> (дата обращения: 09.06.2015).

16. Тумбаа Х. Анагаах ухааны дөрвөн үндэс = Четыре основы медицинской науки. – Улан-Батор: Госиздательство, 1991. – 735 с.

17. Продолжительность периодов пульсового сигнала при Тибетской диагностике нарушения активности регуляторных систем [Электронный ресурс] / В.В. Бороноев, Л.В. Аюшеева, И.П. Леднева, И.В. Нагуслаева // Вестник Бурятского государственного университета. – 2013. – № 12. – С. 39–42. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/prodolzhitelnost-periodov-pulso-vogo-signal-a-pri-tibetskoy-diagnostike-narusheniya-aktivnosti-regulyatornyh-sistem> (дата обращения: 18.11.2015).

18. Hammer L. Contemporary pulse diagnosis: introduction to an evolving method for learning an ancient art. Pt. 1 [Electronic resource] // American Journal of Acupuncture. – 1993. – Vol. 2 (21). – P. 1–16. – URL: <http://www.dragonrises.org/articles/hammer-evolvingmethod.pdf> (accessed: 18.11.2015).

19. Yumchmaa A., Davaasuren R. Object oriented medical technical expert system // International Summerschool Computer Science ISCS–2014: Proceedings of Summerschool, 7–13 July 2014. – Chemnitz, 2014. – P. 44–46.

20. Uranchimeg T., Yumchmaa A. An expert systems for medical engineering // Proceedings of the 8th International Forum on Strategic Technology (IFOST–2013), 28 June – 1 July, Mongolian University of Science and Technology. – Ulaanbaator, Mongolia: IEEE, 2013. – P. 515–519.

21. Ластед Л. Введение проблемы принятия решений в медицине: пер. с англ. – М.: Мир, 1971. – 235 с.

22. Чойжинимаева С. Диагностика в тибетской медицине [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: АСТ: Астрель, 2012. – 160 с. – URL: http://www.e-reading.club/bookreader.php/1014986/Choyzhinimaeva_Diagnostika_v_tibetskoy_medicine.html (дата обращения: 10.09.2015).

23. Лекции.Нет [Электронный ресурс]: web-сайт. – URL: <http://lektsii.net/1-46254.html> (дата обращения: 10.09.2015).

Гриф Михаил Геннадьевич, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета. Основные направления научных исследований: методы проектирования и оптимизации человеко-машинных систем, системы компьютерного сурдоперевода. Имеет более 200 публикаций, в том числе 5 монографий. E-mail: grifmg@mail.ru

Аюуш Юмчмаа, аспирант кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – диагностические экспертные системы. E-mail: yumchmaa@must.edu.mn

Application of expert systems by pulse diagnostics*

M.G. Grif¹, A. Yumchmaa²

¹ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marks Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, doctor of Technical Sciences, professor. E-mail: grifmg@mail.ru

² Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marks Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, postgraduate student of the department of automated control systems. E-mail: yumchmaa@must.edu.mn

Pulse diagnostics – one of the interesting and difficult diagnostic sections for perception modern physicians in classical traditional medicine. This diagnostics means catching by the physician of the maximum quantity of features pulse wave the patient [1]. It is possible to determine changes of meridians by pulse which combinations will allow to see predisposition to development of disturbances in various bodies and systems. Due to pulse diagnostic becomes possible to select the medical treatment algorithm necessary at present for the given patient. The traditional medicine, in difference from the western medicine, considers a human body as

* Received 15 July 2015.

a whole where everything is in the closest interrelation and interaction with each other. In pulse of each human is visible not only begun diseases, on the contrary, also those problems are just formed. It gives the opportunity to the physician managing a similar method to treat not only already existing diseases, but also to prevent new development [2]. The modern diagnostic process is constructed on correlation of separate pathological signs (disease symptoms) with various anatomical bodies and fabrics (and also with data of laboratory analyses) – on the basis of the development model for such diseases accepted form of selected "nosological units" in medical science – the most common development schemes of disease consider the starting ("causal") source. Development of automated pulse diagnostics is further works which are conducted in the Buryat scientific center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science since 1983. In this article offers method of joint usages in medical diagnostic expert system and ideas of the western and east medicine (pulse diagnostics).

Keywords: diagnostics, pulsediagnostics, probabilityofsymptom, probabilitymeasurement, modern diagnostics, traditional diagnostics, purpose of diagnostics, decision making, expert system

DOI: 10.17212/2307-6879-2015-3-114-133

REFERENCES

1. Linde V.A. *Pul'sovaya diagnostika* [Pulse duagnostics]. St. Petersburg, Center of Homeopathy Publ., 2006. 40 p.
2. *Kitaiskaya meditsina. Pul'sovaya diagnostika* [Chinese medicine. Pulse diagnostics]. Available at: http://www.zdoroviev.narod.ru/su_youk.htm (accessed 20.11.2015)
3. Bronzino J.D., ed. *Biomedical engineering handbook*. 2nd ed. Boca Raton, Florida, CRC Press, 2000. 3189 p.
4. Muromtsev D.I. *Vvedenie v tekhnologiyu ekspertnykh sistem* [Introduction to expert systems technology]. St. Petersburg, GU ITMO Publ., 2005. 93 p. Available at: <http://www.insycom.ru/html/metodmat/pz/ExpertSystems.pdf>. (accessed 18.11.2015)
5. Buchanan B.G., Shortliffe E.H., eds. *Rule-based expert systems: the MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 1984. 742 p. Available at: <http://aitopics.org/publication/rule-based-expert-systems-mycin-experiments-stanford-heuristic-programming-project>. (accessed 18.11.2015)
6. Abramov N.V., Motovilov N.V., Naumov N.D., Cherkasov S.N. *Informat-ionnye sistemy v meditsine* [Information systems in medicine]. Nizhnevartovsk, NSHU Publ., 2008. 171 p.
7. Shortliffe E.H. Medical expert systems-knowledge tools for physicians. *Western Journal of Medicine*, 1986, vol. 145 (6), pp. 830–839. Available at: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/PMC1307157/. (accessed 05.02.2015)

8. Uranchimeg T., Uyanga S., Yumchmaa A. A Prototype of expert system for rural medical centers. *7th International Conference on Frontiers of Information Technology, Applications and Tools, and the 4th PT-ERC International Symposium on Personalized Medicine, FITAT/ISPM 2014*, Chang Mai, Thailand, 29 July – 1 August 2014, pp. 23–26.

9. Garkavy L.Kh., Mikhailov N.Yu., Tolmachev G.N., Shikhlyarov A.I., Vereskunova E.P. Programmno-apparatnii kompleks pulisovoi diagnostiki opredleniya tipa adaptatsionnoi reaksii [Hardware-software complex of pulse diagnostics for determination adaptive response]. *Issledovanno v Rossii – Investigated in Russia*, 2003, vol. 3, pp. 2292–2303.

10. Tsydyпов Ch.Ts. *Pul'sovaya diagnostika Tibetskoi metsitsiny* [Pulse diagnosis in tibetan medicine]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988. 133 p.

11. Sidorov S. *Rassvet beskonechnoi zhizni. Uchebnik tibetskoi meditsiny* [Dawn infinite life Textbook of the Tibetan medicine]. Moscow, Zolotoe sechenie Publ., 2008. 386 p. Available at: <http://www.kunpendelek.ru/library/tibetmed/textbooks/dawn-infinite-life/3307/>. (accessed 18.11.2015)

12. *Avtomatizirovannyi pul'sodiagnosticheskii kompleks tibetskoi meditsiny* [The automated pulse-diagnostics complex in tibetan medicine]. Available at: <http://ipms.bscnet.ru/labs/lvdjs/resultats.html>. (accessed 18.11.2015)

13. *Ekspertnye sistem* [Expert systems]. Available at: <http://tpl-it.wikispaces.com/Экспертные+системы>. (accessed 18.11.2015)

14. *Aimedika*: web-сайт [Aimedica]: website. Available at: <http://www.aimedica.ru>. (accessed 08.10.2014)

15. Pasang Y.Arya. *Theory and Teaching. Tibetan Medicine*: website. Available at: www.tibetanmedicine-edu.org (accessed: 09.06.2015).

16. Tumbaa Kh. *Chetyre osnovy meditsinskoj nauki* [The Four medical fundamentals]. Ulaanbaatar, Official Press Publ., 1991. 735 p.

17. Boronoev V.V., Ayusheeva L.V., Ledneva I.P., Naguslaeva I.V. Prodolzhitel'nost' periodov pul'sovogo signala pri Tibetskoi diagnostike narusheniya aktivnosti regulatorynykh sistem [Duration of period of pulse signals in the Tibetan diagnosis of disorder in the activity of regulatory systems]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of the Buryat state university*, 2013, no. 12, pp. 39–42.

18. Hammer L. Contemporary Pulse Diagnosis: Introduction to An Evolving Method for Learning an Ancient Art– Part 1. *American Journal of Acupuncture*, 1993, vol. 2 (21), pp. 1–16. Available at: <http://www.dragonrises.org/articles/hammer-evolvingmethod.pdf>. (accessed 29.05.2015)

19. Yumchmaa A., Davaasuren R. Object oriented medical technical expert system. *International Summerschool Computer Science, ISCS-2014*: Proceedings of Summerschool, Chemnitz, 7–13 July 2014, pp. 44–46.

20. Uranchimeg T., Yumchmaa A. [An expert systems for medical engineering]. *Proceedings of the 8th International Forum on Strategic Technology, (IFOST-2013)*, Ulaanbaatar, Mongolia, 28 June – 1 July 2013, pp. 515–519.

21. Lusted L. *Vvedenie problemi prinyatiya reshenii v meditsine* [Introduction to medical decision making]. Moscow, Mir Publ., 1971. 235 p.

22. Choizhinimaeva S. *Diagnostika v tibetskoi meditsine*. [Diagnosis in Tibetan medicine]. Moscow, AST Publ., Astrel' Publ., 2012. 160 p. Available at: http://www.e-reading.club/bookreader.php/1014986/Choyzhinimaeva_Diagnostika_v_tibetskoy_medicine.html. (accessed 10.09.2015)

23. *Lektsii.Net* [Lectures.Net]. Available at: <http://lektsii.net/1-46254.html>. (accessed 19.11.2015)