

УДК 004.82

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ  
НА ОСНОВЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ  
И ВОСТОЧНОЙ МЕДИЦИНЫ****М.Г. Гриф, Ю. Аюуш, С.В. Ястребова***Новосибирский государственный технический университет*

В статье рассмотрен подход к проектированию медицинской экспертной системы (МЭС) на основе интеграции европейской и восточной медицины. Для выбора наиболее вероятного заболевания применяются байесовская процедура и условная энтропия. При определении реально присутствующего заболевания встает актуальная задача выбора наиболее предпочтительного атомарного диагностического теста (АДТ) на каждом шаге диагностического процесса. АДТ представляет собой неделимую диагностическую процедуру, в результате которой оценивается один или более показателей состояния организма. К рассмотрению предлагается модель выбора источников информации на очередном шаге диагностического процесса. Критерием выбора АДТ является его диагностичность, допускающая ряд формализаций. Одним из направлений предлагаемой работы является исследование информативности опросника пациента, где в качестве АДТ выступают вопросы диагноста с бинарными ответами «ДА-НЕТ». Важной особенностью модели является попытка объединить диагноз традиционной европейской медицины с представлениями об организме и его терапии, используемыми в восточной рефлексотерапии. С этой целью формируются различные морфизмы, отражающие предпочтительные диагностические связи между семью основными конституциональными типами организма человека (терминология традиционного) и множеством «европейских» диагнозов (терминология современной медицины).

*Ключевые слова:* медицинская экспертная система, байесовская сеть, условная энтропия, априорная и апостериорная вероятность, европейская и восточная медицина.

DOI: 10.17212/1727-2769-2018-2-40-51

**Введение**

В классическом трактате тибетской медицины «Чжуд-Ши» написано, что когда ребенок появится в матке, питание и образ жизни матери приводят к увеличению вредящих начал и формированию одного из семи типов людей. Эта концепция имеет в основе рассмотрение человека с точки зрения основных трех элементов, которые называются Ветер, Желчь и Слизь. Типы конституции отличаются по собственной способности: ветра – плохой, желчи – лучше, слизи – хороший. Сочетание всех трех – самый лучший, а три типа по два – будут средними [1]. А также лекари считают, что имеется возможность заранее определить вероятность порожденных болезней в соответствии с конституциональными типами [2].

Для приобретения информации о связи симптомов и болезни необходимо решить проблему распознавания методов диагностики. Процесс установления диагноза, который применяется в медицинской практике, делится на следующие этапы: распрос, физические методы исследования и дополнительные методы обследования в зависимости от болезни и т. п. Первый способ установления диагноза является типичным методом, который определит наиболее яркие субъективные ощущения пациента.

В диагностической системе для определения ощущений пациента используется удобный интерфейс пользователя с тематическими вопросами. Современные медицинские экспертные системы представляют собой компьютерные программы, которые могут диагностировать и выдать список наиболее вероятных заболеваний, основываясь на научных исследованиях в медицинской области и результатах клинической практики. Также системы содержат разнообразную справочную информацию, помогающую врачам в назначении планов обследования и лечения. Для постановки диагноза системы используют широкий набор данных о пациенте (половозрастные данные; субъективные симптомы (жалобы пациента); результаты объективного осмотра; результаты лабораторных и инструментальных методов исследования; факторы риска (данные анамнеза жизни) и т. п.).

На текущий момент ни одна из систем в полной мере не может решить проблему распознавания болезни. Для достижения более точного распознавания болезни необходимо использовать интеграцию европейского и восточного диагностического методов: один распознает основные причины болезней, другой определяет более сложные симптомы, в результате чего можно добиться более точного диагноза и соответственно эффективного способа лечения. Поэтому интеграция современной и традиционной медицины имеет большое значение для профилактики населения от болезней. В дальнейшем это позволит создать новую методологию и упорядоченную концепцию о состоянии здоровья.

Целью данной статьи является описание проектирования медицинской экспертной системы с учетом традиционного диагностического метода на основе определения конституциональных типов человека.

### **1. Постановка задачи**

Основная сложность при проектировании медицинской экспертной системы заключается в этапе определения совмещенности и точности результатов из диагностик европейской и восточной медицины.

Под результатом совместных диагностик будем рассматривать внутренний и внешний фактор симптомов болезни. На первый взгляд можно ограничиться использованием данных симптомов болезней, но при более подробном изучении можно сделать вывод, что использование данных о симптомах болезни не дает полного результата из-за того, что некоторые симптомы, проявляющиеся в разных заболеваниях, могут не проявиться на начальном этапе болезни. Но благодаря определению конституциональных типов человека можно получить информацию о причине болезни в соответствии с внутренними факторами, структурой телосложения и его особенностей. Таким образом, восточный диагностический метод представляет собой более субъективное понятие. Поэтому возникает необходимость в разработке медицинской экспертной системы, которая обеспечит более вероятный результат, зависимый от конституционального типа пациента.

В качестве исходных данных используется опросник, включающий определенные вопросы, сформулированные специально для определения конституциональных типов человека, и список вероятных болезней. Для повышения точности диагноза разработаны программный модуль критерия диагностичности (информативности) и модуль анализа на основе условных энтропий. Условные вероятности, отражающие правдоподобие получения у пациента ответа на вопрос о наличии (отсутствии) симптома, при условии наличия (отсутствия) диа-

гноза, определяется только для тех симптомов, которые информативны при пересчете вероятности диагноза в смысле Байеса. Оценка априорных вероятностей происходит:

- на основе статистической вероятности диагноза (можно взять из публикуемой медицинской статистики);
- с использованием базы знаний, открытой для свободного доступа.

Значения правдоподобия симптоматической информации для расчета апостериорных вероятностей диагнозов заданы следующей четвёркой:

$$\{P(S_j / D_i)\}; \{P(\overline{S_j} / D_i)\}; \{P(S_j / \overline{D_i})\}; \{P(\overline{S_j} / \overline{D_i})\}.$$

Апостериорные вероятности для всех пар «диагноз-симптом» при любом ответе на вопрос оцениваются по правилу Байеса. Если использовать в качестве критерия диагностичности симптома при первом вопросе шенноновское количество информации, заключенное в ответе, то имеем две частные условные энтропии (остаточные); чтобы найти среднюю условную энтропию, надо знать  $P(S_j)$  и  $P(\overline{S_j})$ .

## 2. Обзор существующих медицинских экспертных систем

В середине 1970-х годов ученые Стэнфордского университета создали первую медицинскую экспертную систему MYCIN для диагностики и лечения инфекционных заболеваний, которая была написана на программном языке LISP [3].

Первый бесплатный общедоступный сайт для самостоятельной диагностики заболеваний (Electronic Medical Solutions) был создан в 1999 году. В настоящее время в медицинских компьютерных продуктах имеется около 250 систем, представленных как в специальных каталогах, так и в интернете [4]. Примеры из них.

- Домашний доктор – простая медицинская экспертная система. Она определяет характер заболевания, основываясь на ответах пользователя, полученных в результате диалога. База знаний включает порядка 100 распространенных заболеваний. К сожалению, полноценный эксперимент провести не смог, так как не болею. Программа для определения диагноза задает вопросы, где ответами могут быть «нет», «не совсем», «не знаю», «наверное, да» и «да». В зависимости от вариантов ответа программа ставит вам диагноз [5].

- EasyDiagnosis – экспертная система, разработана в США. Предоставляет список и клиническое описание наиболее вероятных условий, основанных на анализе ваших конкретных симптомов. Данная система фокусируется на наиболее распространенных заболеваниях [6]. Сайт последний раз обновлялся в мае 2016 года.

- MEDAI – это интернет-приложение, которое позволяет с высокой достоверностью судить о том, что происходит с больным, как его дальше диагностировать и лечить, на основании жалоб, анамнеза и клинических анализов. Данная система включает: симптом-чекер, интерпретатор анализов, персональную медицинскую карту и консультанта. Программа не просто предполагает наличие заболеваний с какой-то вероятностью, она создает порядок посещения врачей, список необходимых анализов, лечебных процедур и определяет опасность состояния [7]. В систему введено уже более 12 000 симптомов, клинических анализов, болезней и соотношений.

- Система Aimedia является интеллектуальной справочной системой помощи врачам, включающая данные о заболеваниях и соответствующих симптомах.

По указанным симптомам система выдает список наиболее вероятных заболеваний, основываясь на данных более 22 млн научных статей по медицинской тематике и результатам клинической практики. Также система содержит разнообразную справочную информацию, помогающую врачам в назначении планов обследования и лечения. Ближайшим аналогом СППВР Аймедика является проект IBM Watson. СППВР Аймедика содержит ряд принципиально новых научно-технологических решений, отличных от подхода IBM Watson. В 2013 году система Аймедика была отмечена корпорацией IBM [8]. IBM Watson – суперкомпьютер фирмы IBM, способный понимать вопросы, сформулированные на естественном языке, и находить на них ответы в базе данных [9].

- Онлайн тест для определения конституциональных типов человека разработан специалистами поликлиники «Наран» России, дающей рекомендации по правильному питанию и здоровому образу жизни из примера тибетской медицины [10].

- Двухрежимная экспертная система по тибетской медицине «ЭМЧИ», как один из методов диагностики «опрос и осмотр», реализованная в рамках программной оболочки ДИЕС, может использоваться для начальной подготовки специалистов в области тибетской медицины, заменяя выучивание наизусть текста «Чжуд-ши» и медитацию. Система может также использоваться в качестве информационно-аналитической базы для поиска новых лекарственных препаратов на основе компонентов природного происхождения, а также новых лекарств. Знания, содержащиеся в экспертной системе, практически представляют собой главный перевод Третьей Тантры «Чжуд-ши» и повторяют ее структуру [11].

- Экспертная система «Чжуд-ши» в составе автоматизированной системы пульсовой диагностики, основанная на знаниях, заложенных в каноническом трактате «Чжуд-ши» и представляющая собой два из принятых в тибетской медицине методов постановки диагноза – опрос и осмотр. Экспертная система по опросу имитирует мышление тибетского врача и позволяет определять причины и условия заболевания, симптоматику заболевания, тип и класс заболевания, конкретную нозологическую форму и рекомендуемые питание и образ жизни, конкретные лекарства и методы нелекарственной терапии. К настоящему времени создана экспертная система по опросу на основе новой редакции перевода III части «Чжуд-ши». Предложена балльная оценка состояния трех начал (ветра, желчи, слизи) [12].

Практически все рассмотренные системы основаны на методах западной медицины, болезнь диагностируется в соответствии с общепринятыми стандартными показателями. Методологическую основу остальных систем составляют методы диагностики заболеваний по восточной медицине (осмотр, опрос, пальпация), человек больше узнает о своих психотипе и физиологическом здоровье.

Важной особенностью разрабатываемой модели является попытка объединить методы диагностики традиционной европейской медицины с представлениями об организме, используемыми в восточной рефлексотерапии. С этой целью формируются различные морфизмы, отражающие предпочтительные диагностические связи между семью основными конституциональными типами организма человека (терминология Востока) и множеством «европейских» диагнозов (терминология современной медицины).

### **3. Технология медицинской экспертной системы для диагностики на основе диагнозов западной и восточной медицины**

Модель медицинской экспертной системы состоит из следующих этапов: формулировка вопросов для диагноза, содержание конкретных баз данных симптомов и болезней, оценки диагностичности, определение семи конституциональных типов

человека с целью распознавания основной причины болезни, назначение конкретных заболеваний в соответствии с классификацией МКБ-10 (рис. 1) [13].

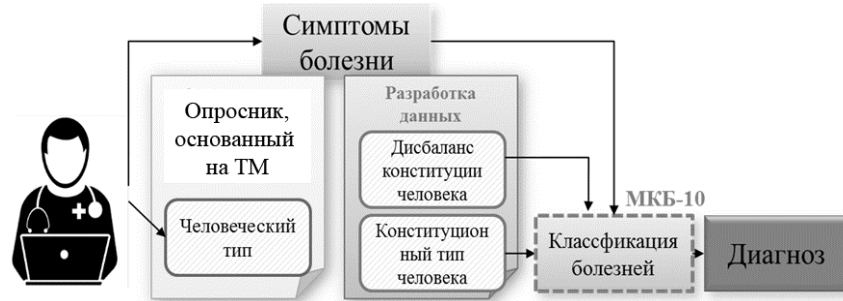


Рис. 1 – Основные рабочие этапы медицинской экспертной системы

Fig. 1 – Basic working principles of a medical expert system

Результатом работы системы является постановка диагноза в зависимости от результата двух тестов. Подготовительным этапом к формулировке вопросов является этап выбор методики эпидемиологических исследований, информацию о результатах которых можно использовать для решения практических задач в медицине. Работа на данном этапе основана на алгоритме выбора вопроса по диагностичности симптома:

- $\forall D_i$  – усредняем сумму частных остаточных энтропий для ответов «да» и «нет», это и будет оценкой диагностичности симптома (ответа) при первом вопросе для диагноза;
- на следующем шаге берем среднее по строке – это оценка ответа (информативность) по всей совокупности диагнозов;
- выбираем вопрос с максимальной информативностью;
- начиная с первого пункта, повторяем до критерия останова, но теперь в качестве априорных вероятностей выступают апостериорные предыдущего шага.

Эффективность теста зависит от двух критериев: скорости и точности определения диагноза. В связи с этим вопросы необходимо генерировать в соответствии с критерием диагностичности. Стратегии будут различаться по тому, как использовать энтропию, для этого были разработаны следующие стратегии:

- критерий останова или выше, либо, если более 80 % ответов соблюдали одну и ту же тенденцию к росту (падению);
- останавливаемся на группе самых вероятных заболеваний, у которых  $P_{apost}(D_i) = 0,6$ ;
- исследовав конституцию человека, используя тест по восточной медицине, выделяем среди прочих диагнозов группу болезней и увеличиваем коэффициент начальных вероятностей.

#### 4. Математическая модель для постановки диагноза медицинской экспертной системы

Имеется множество диагнозов  $D$  и симптомов  $S$ , на основе которых специалист может получить необходимую информацию о диагностике заболеваний. Каждый диагноз со своим отрицанием составляет ансамбль гипотез, где  $\{S_j\}$ ,

$j = \overline{1, m}$  – множество симптомов. Для любого  $S_j$  будем считать, что симптом есть, либо его нет –  $\overline{S_j}$ .

Введем следующие обозначения.

$P(D_i)$ ,  $i = \overline{1, n}$  – априорная вероятность диагноза, установленная до получения каких-либо симптомов, где  $P(\overline{D_i}) = 1 - P(D_i)$ .

$P(S_j / D_i)$  – условная вероятность проявления симптома, если у пациента наблюдается множество симптомов.

$P_{apost}(S_j / D_i)$  – апостериорная вероятность диагноза.

Будут рассмотрены два варианта, когда диагнозы:

- взаимоисключающие;
- совместные.

Определим условные вероятности, отражающие правдоподобие получения у пациента ответа на вопрос о наличии (отсутствии) симптома, при условии наличия (отсутствия) диагноза. Определяется только для тех симптомов, которые информативны при пересчете вероятности диагноза в смысле Байеса. Например:  $S_j$  = «ушная боль»,  $D_i$  = «геморрой» – неинформативный симптом для диагноза.

Определим априорные вероятности:

- на основе статистической вероятности диагноза (можно взять из публикуемой медицинской статистики);
- используя базу знаний, открытую для свободного доступа.

Каждый диагноз со своим отрицанием составляет ансамбль гипотез о  $\{S_j\}$ ,  $j = \{1, \dots, m\}$  – множество симптомов.  $\forall_j$  или  $S_j$  – пациент считает, что  $S_j$  есть, либо нет –  $\overline{S_j}$ .

Обозначения вероятностей представлены:

$$\{P(S_j / D_i)\}; \{P(\overline{S_j} / D_i)\}; \{P(S_j / \overline{D_i})\}; \{P(\overline{S_j} / \overline{D_i})\}.$$

Оцениваем апостериорные вероятности:

$P_{apost}(D_i)$  и  $P_{apost}(\overline{D_i})$ , при получении как положительные, так и отрицательные ответы о симптоме.

$$1. \quad P_{apost}(D_i / S_j) = \frac{P(D_i)P(S_j / D_i)}{P(S_j)},$$

где  $P(S_j) = P(D_i)P(S_j / D_i) + P(\overline{D_i})P(S_j / \overline{D_i})$ .

$$2. \quad P_{apost}(D_i / \overline{S_j}) = \frac{P(D_i)P(\overline{S_j} / D_i)}{P(\overline{S_j})},$$

где  $P_{apost}(\overline{S_j}) = P(D_i)P(\overline{S_j} / D_i) + P(\overline{D_i})P(\overline{S_j} / \overline{D_i})$ .

$$P_{apost}(\overline{D_i} / S_j) = 1 - P_{apost}(D_i / S_j), \quad P_{apost}(\overline{D_i} / \overline{S_j}) = 1 - P_{apost}(D_i / \overline{S_j}).$$

Если использовать в качестве критерия диагностичности симптом при первом вопросе, шенноновское количество информации, заключенное в ответе, то имеем две частные условные энтропии (остаточные):

$$H(D_i / S_j) = -[P_{apost}(D_i / S_j) \log P_{apost}(D_i / S_j) + P_{apost}(\overline{D_i} / S_j) \log P_{apost}(\overline{D_i} / S_j)].$$

Аналогично для  $H(D_i / \overline{S_j})$ , чтобы найти среднюю условную энтропию, надо знать  $P(S_j)$  и  $P(\overline{S_j})$ .

Тогда

$$\overline{H}(D_i / S_j) = P(S_j)H(D_i / S_j) + P(\overline{S_j})H(D_i / \overline{S_j}).$$

### 5. Результаты прохождения тестирования медицинской экспертной системы

МЭС разработана на платформе VisualStudio 2013 Professional, с использованием стека технологий ASP.NET, Net.Framework 4.5, SQLExpress 2014.

На рис. 2–4 представлен результат прохождения тестирования на определение диагноза без коэффициентов. Как можно заметить, в данном случае доминирует диагноз Пневмококкиоз, на протяжении всего теста были некоторые изменения энтропии, но в итоге она свелась к нулю, а вероятности некоторых болезней возросли.

#	Код	Диагноз	Вероятность
1	18	Пневмококкиоз	0.500250125062531
2	3	Синусит	0.476190476190476
3	25	Язва желудка	0.476190476190476
4	46	Ишемическая болезнь сердца	0.444691495275153
5	45	Припадок	0.444691495275153

Рис. 2 – Результат прохождения основного теста без коэффициентов  
Fig. 2 – The result of the basic test without coefficients

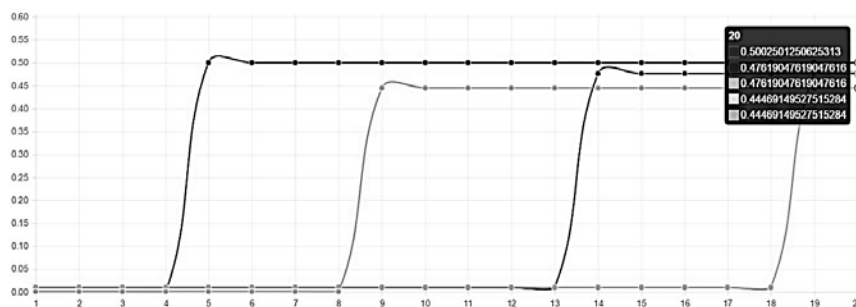


Рис. 3 – График изменения апостериорных вероятностей  
Fig. 3 – The diagram of an a priori probabilities change

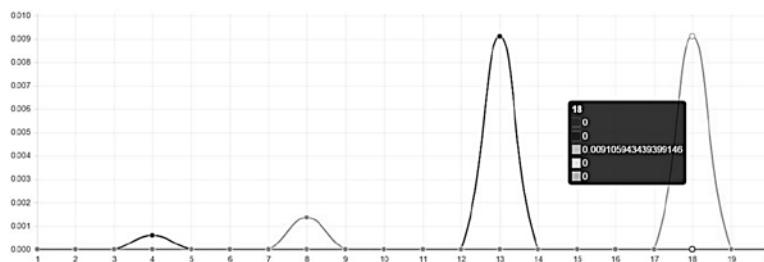


Рис. 4 – График изменения средней энтропии

Fig. 4 – A diagram of an average entropy change

После прохождения основного теста без коэффициентов можно пройти тестирование заново. Выбрав пункт «пройти тестирование по ТМ», пользователь попадает на страницу определения типа конституции. У данного пользователя был определен тип смешанный, в котором преобладают типы Ветер и Желчь (рис. 5).

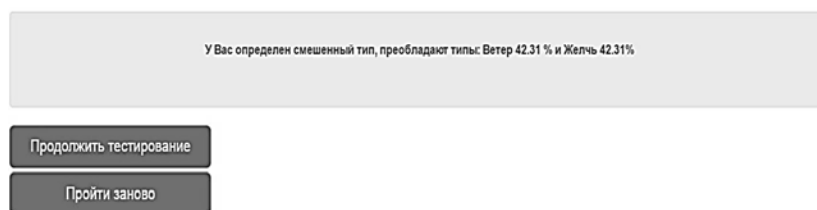


Рис. 5 – Результат прохождения теста по восточной медицине

Fig. 5 – The result of the Eastern medicine test

При данном типе повышается вероятность следующих диагнозов: хиатальная грыжа, язва двенадцатиперстной кишки, язва желудка, дивертикулярная болезнь, болезнь Крона, расстройство кишечника, аппендицит, пищевое отравление, гастроэнтерит, камечнопочечная болезнь, острый пиелонефрит, желчный конкремент, холецистит, простуда, синусит, фарингит, тонзиллит, грипп, ларингит, опухоль гортани, желчный конкремент, слизистый колит, рак толстой кишки, язвенный колит, гипертония.

На рис. 6–8 представлены результаты прохождения основного теста с увеличенными первоначальными вероятностями, в соответствии с коэффициентом.

Данные представлены в таблице:

#	Код	Диагноз	Вероятность
1	3	Синусит	0.500252652854977
2	25	Язва желудка	0.500252652854977
3	18	Пневмокониоз	0.500250125062531
4	46	Ишемическая болезнь сердца	0.444691495275153
5	45	Припадок	0.444691495275153

Рис. 6 – Результат прохождения основного теста с коэффициентами

Fig. 6 – The result of the basic test with coefficients



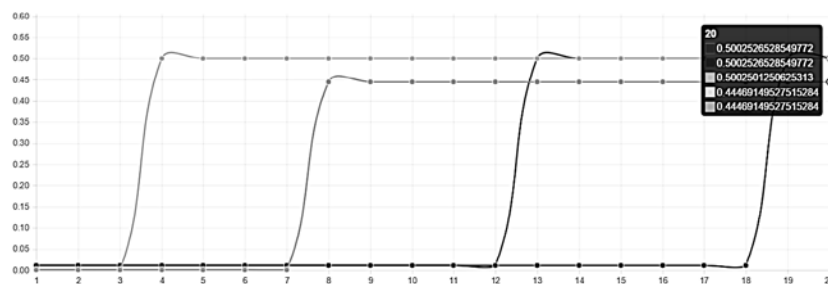


Рис. 7 – График изменения апостериорных вероятностей

Fig. 7 – A diagram of an average entropy change

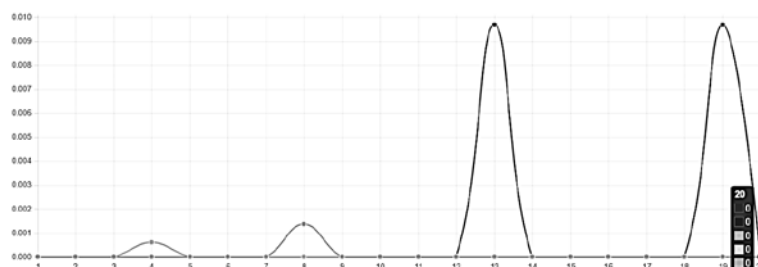


Рис. 8 – График изменения средней энтропии

Fig. 8 – Change of average entropy chart

### Заключение

В работе рассмотрен подход к проектированию медицинской экспертной системы на основе интеграции европейской и восточной медицины. Для выбора наиболее вероятного заболевания применяются байесовская процедура и условная энтропия. При определении реально присутствующего заболевания встает актуальная задача выбора наиболее предпочтительного атомарного диагностического теста на каждом шаге диагностического процесса. АДТ представляет собой неделимую диагностическую процедуру, в результате которой оценивается один или более показателей состояния организма. Одним из направлений предлагаемой работы является исследование информативности опросника пациента, где в качестве АДТ выступают вопросы диагноста с бинарными ответами «ДА-НЕТ». Важной особенностью модели является попытка объединить диагноз традиционной европейской медицины с представлениями об организме и его терапии, используемыми в восточной рефлексотерапии. С этой целью формируются различные морфизмы, отражающие предпочтительные диагностические связи между семью основными конституциональными типами организма человека (терминология традиционного) и множеством «европейских» диагнозов (терминология современной медицины). Разработан макет медицинской экспертной диагностической системы, включающей 88 заболеваний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чжуд-Ши. Основы тибетской медицины [Электронный ресурс]. – СПб.: Невский проспект, 1999. – 156 с. – URL: <http://www.rulit.me/books/chzhud-shi-osnovy-tibetskoj-mediciny-read-415656-1.html> (дата обращения: 05.06.2018).
2. Баавгай Ч., Болдсайхан Б. Монгольская традиционная медицина. – Улан-Батор: Государственное издательство, 1990. – 380 с.
3. Bryan S.T. An introduction to expert systems. – Oxford: Oxford University Press, 1992. – 101 p.
4. Резе А. Медицинские экспертные системы для пациентов. Самолечение – неизбежное будущее медицины [Электронный ресурс] // Вестник Московского городского научного общества терапевтов. – URL: <http://www.mgnot.ru/index.php?modl=art&gde=ID&f=12501&m=1> (дата обращения: 05.06.2018).
5. Домашний доктор 2.2 [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.aiportal.ru/downloads/expert-systems/home\\_doctor\\_2\\_2.html](http://www.aiportal.ru/downloads/expert-systems/home_doctor_2_2.html) (дата обращения: 05.06.2018).
6. EasyDiagnosis [Electronic resource]. – URL: <http://www.easydiagnosis.com/about.html> (accessed: 05.06.2018).
7. MEDAI [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.medai.ru/> (дата обращения: 06.06.2018).
8. AImedica [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.i20.biz/project/aimedica> (дата обращения: 06.06.2018).
9. Дошина А.Д. Экспертная система. Классификация. Обзор существующих экспертных систем // Молодой ученый. – 2016. – № 21 (125). – С. 756–758.
10. Тест для определения типа конституции человека по Тибетской медицине [Электронный ресурс]. – URL: <http://tibet-medicine.ru/konstitucii/typy-konstitucij> (дата обращения: 06.06.2018).
11. Жамбалдагбаев Н.Ц., Занданова Г.И. Двухрежимная экспертная система по тибетской медицине «ЭМЧИ-1» // Российская научно-техническая конференция по дифракции и распространению волн. – Улан-Удэ, 1996. – С. 234–236.
12. Бороноев В.В. Практическая реализация метода диагностики по пульсу инструментальными средствами // Международные журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12-1. – С. 188–192.
13. Ayush Yu., Grif M.G. The computational method for self-diagnostical system // IBS Scientific Workshop Proceedings. – 2017. – N 4. – P. 67–70.

## DESIGN OF A DIAGNOSTIC EXPERT SYSTEM BASED ON DIAGNOSTIC METHODS OF EUROPEAN AND EASTERN MEDICINES

Grif M.G., Ayush Yu., Yastrebova S.V.

*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia*

This paper describes an approach to the design of a medical expert system (MES) which is based on the integration of European and eastern medicines. The Bayesian network and conditional entropy are used to choose the most probable disease. While identifying an actual disease we are faced with an urgent task of choosing the most preferable atomic diagnostic test (ADT) at every step of the diagnostic process. ADT is an indivisible diagnostic procedure which helps to estimate one or more indicators of a patient's state. A model of choosing information sources at every step of the diagnostic process is proposed in the paper. The criterion of choosing ADT is its diagnosticity permitting a number of formalizations. The study of the information density of a patient's questionnaire where "Yes-No" answers are used as an atomic diagnostic test is one of the aspects of this approach. An important peculiarity of the proposed model is an attempt to combine diagnoses of traditional European medicine with ideas of a human organism and its treatment used in eastern medicine. To do this various morphisms are formed which reflect preferable diagnostic relations among seven main human constitution types (a term used in traditional medicine) and a set of the European diagnoses (a term used in modern medicine).

*Keywords* Medical expert system, Bayesian network, conditional entropy, a priori and a posteriori probabilities, European and eastern medicine.

DOI: 10.17212/1727-2769-2018-2-40-51

## REFERENCES

1. Chzhud-Shi. *Osnovy tibetskoi meditsiny* [Chzhud-Shi. The fundamentals of Tibetan medicine]. St. Petersburg, Nevskii prospect Publ., 1999. Available at: <http://www.rulit.me/books/chzhud-shi-osnovy-tibetskoy-mediciny-read-415656-1.html> (accessed 05.06.2018).
2. Baavgai Ch., Boldsaikhan B. *Mongol'skaya traditsionnaya meditsina* [Mongolian traditional medicine]. Ulaanbaatar, State Publishing House, 1990. 380 p.
3. Bryan S.T. *An introduction to expert systems*. Oxford, Oxford University Press, 1992. 101 p.
4. Reze A. Meditsinskie ekspertnye sistemy dlya patsientov. Samolechenie – neizbezhnoe budushchee meditsiny [Medical expert systems for patients. Self-treatment – the inevitable future medicine]. *Vestnik Moskovskogo gorodskogo nauchnogo obshchestva terapevtov* [Bulletin of Moscow scientific society of doctors]. Available at: <http://www.mgnot.ru/index.php?mod1=art&gde=ID&f=12501&m=1> (accessed 05.06.2018).
5. *Domashnii doctor 2.2* [Home doctor]. Available at: [http://www.aiportal.ru/downloads/expert-systems/home\\_doctor\\_2\\_2.html](http://www.aiportal.ru/downloads/expert-systems/home_doctor_2_2.html) (accessed 05.06.2018).
6. *EasyDiagnosis*. Available at: <http://www.easydiagnosis.com/about.html> (accessed 05.06.2018).
7. *MEDAI*. (In Russian). Available at: <http://www.medai.ru/> (accessed 06.06.2018).
8. *AiMedica*. (In Russian). Available at: <http://www.i20.biz/project/aimedica> (accessed 06.06.2018).
9. Doshina A.D. Ekspertnaya sistema. Klassifikatsiya. Obzor sushchestvuyushchikh ekspertnykh sistem [Expert system. Classification. The review of existing expert systems]. *Molodoi uchenyi – The young scientist*, 2016, no. 21 (125), pp. 756–758.
10. *Test dlya opredeleniya tipa konstitutsii cheloveka po Tibetskoi meditsine* [Test for determination of human constitutional types by Tibetan medicine]. <http://tibet-medicine.ru/konstitucii/tipy-konstitucij> (accessed 06.06.2018).
11. Zhambaldagbaev N.Ts., Zandanova G.I. [Two-mode expert system by Tibetan medicine “EMCHI-1”]. *Rossiiskaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya po difraktsii i rasprostraneniyu voln* [Proceedings of Russian scientific-technical conference by diffraction and common waves]. Ulan-Ude, 1996, pp. 234–236. (In Russian).
12. Boronoev V.V. Prakticheskaya realizatsiya metoda diagnostiki po pul'su instrumental'nykh sredstvami [Practical realization method of pulse diagnostic by instruments]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanii – International journal of applied and fundamental research*, 2015, no. 12-1, pp. 188–192.
13. Ayush Yu., Grif M.G. The computational method for self-diagnostical system. *IBS Scientific Workshop Proceedings*, 2017, no. 4, pp. 67–70.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**Гриф Михаил Геннадьевич** – родился в 1959 году, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры автоматизированных систем управления, факультет автоматики и вычислительной техники, Новосибирский государственный технический университет. Область научных интересов: проектирование и оптимизация процесса функционирования человеко-машинных систем, системы искусственного интеллекта, лингвистические и технологические аспекты разработки компьютерного сурдопереводчика. Опубликовано более 250 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: grifmg@mail.ru).

**Grif Mikhail Gennadievich** (b. 1959) – Doctor of Sciences (Eng.), professor at the department of automation control systems, Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on computer sign language translation systems for the deaf, designing and optimization of man-machine systems, AI systems. He is the author of more than 250 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: grifmg@mail.ru).



**Аюуш Юмчмаа** – родилась в 1982 году, аспирант кафедры автоматизированных систем управления, Новосибирский государственный технический университет. Область научных интересов: медицинская экспертная система. Опубликовано 10 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: yumchmaa@must.edu.mn).

**Ayush Yumchmaa** (b. 1982), post-graduate student at the department of automated control systems, Novosibirsk State Technical University. Her research interests are currently focused on designing medical expert system. She is the author of 10 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: yumchmaa@must.edu.mn).



**Ястребова Светлана Викторовна** – родилась в 1992 году, магистр кафедры автоматизированных систем управления, Новосибирский государственный технический университет. Область научных интересов: медицинская экспертная система, ИИ. Опубликовано 5 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: sibiria007@gmail.com).

**Yastrebova Svetlana Victorovna** (b.1992), master student of department of automated control systems, Novosibirsk State Technical University. Her research interests include designing medical expert systems and artificial intelligence. She has published 5 research papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: sibiria007@gmail.com).

*Статья поступила 01 декабря 2017 г.  
Received December 01, 2017*

---

To references:

Grif M.G., Ayush Yu., Yastrebova S.V. Proektirovanie diagnosticheskoi ekspertnoi sistemy na osnove diagnosticheskikh metodov evropeiskoi i vostochnoi meditsiny [Design of a diagnostic expert system based on diagnostic methods of euro-pean and eastern medicines]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2018, no. 2 (39), pp. 40–51. doi: 10.17212/1727-2769-2018-2-40-51.