

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ
И ИНФОРМАЦИОННО–
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

INSTRUMENT MAKING,
METROLOGY,
AND INFORMATION–
MEASUREMENT
SYSTEMS

УДК 004: 1082

DOI: 10.17212/1814-1196-2019-1-141-156

Анализ результатов тестирования медицинской экспертной системы на основе интеграции традиционной западной и восточной медицины*

Ю. АЮУШ

630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет

a_yum@mail.ru

Выявление заболеваний на ранней стадии даст возможность предотвращать болезни и проводить их эффективное лечение. Достоверная идентификация лечения зависит от метода, используемого в диагностировании болезней. Однако установление диагноза на ранней стадии болезни является сложной проблемой в случае большинства заболеваний с похожими симптомами и признаками. Предлагается использовать экспертную систему на основе интеграции традиционной западной и восточной медицины, позволяющую учесть как причины болезни, так и образ жизни человека. Дифференцированная оценка взаимосвязей болезней у человека даст возможность выделить конституционально-зависимые признаки болезни и факторы риска, позволит индивидуализировать прогноз и лечение, что, в свою очередь, улучшит результаты терапии заболевания. Медицинская диагностическая экспертная система на основе интеграции традиционной западной и восточной медицины представляет для изучения дополнительные факторы болезни, в частности, влияние антропологических и психологических данных человека на проявление болезни. Для решения поставленных задач использовались аппарат теории вероятностей, математической статистики и искусственного интеллекта. В предлагаемой модели выбор показателей информативности диагностических методов может производиться как по вектору допускаемых врачом диагнозов, так и по отдельным заболеваниям. Для создания базы знаний необходима интеграция различных источников. С этой целью формируются различные морфизмы, отражающие предпочтительные диагностические связи между ключевыми конституционными типами организма человека и множеством диагнозов заболеваний. В работе существенно расширены возможности модели и основных функций разрабатываемой экспертной системы, которые заключаются в выдаче врачу списка достоверной с точки зрения экспертной системы гипотезы дифференциального диагноза на основании введенных симптомов и предполагаемых, имеющихся или исключенных сопутствующих диагнозов. В статье описываются результаты прохождения

* *Статья получена 14 ноября 2018.*

тестирования медицинской диагностической системы и результаты статистической обработки полученных данных.

Ключевые слова: система принятия решений, диагностика, западная и восточная медицина, оценка состояния здоровья, априорная и апостериорная вероятность, энтропия информации, проверка статистических гипотез, достоверность диагностики

ВВЕДЕНИЕ

С начала 1970-х годов в традиционной западной медицинской практике началось использование экспертных систем, работающих с большими объемами знаний, для усовершенствования качества диагностики. Важным аспектом экспертной системы является поддержка принятия сложных решений на основе накапливаемой базы знаний, отражающей опыт работы экспертов в данной области [1, 2].

Основная задача диагностической системы принятия решений состоит в установлении клинического диагноза пациенту (т. е. лицу с определенными жалобами). Для создания базы знаний необходима интеграция различных источников. Для этого разрабатывается специальный диагностический тест, на начальном этапе прохождения которого вводится информация о симптомах, наблюдаемых у пациента. Это означает использование информационных технологий для медицины и процесса мультидиагностирования. Существуют различные подходы для разработки диагностических тестов, в данном случае будут рассматриваться подходы с использованием методов теории вероятностей и восточной медицины. Главной особенностью модели является попытка определить влияние конституционного фактора человека на причину проявления болезни. С этой целью формируются различные морфизмы, отражающие предпочтительные диагностические связи между ключевыми конституциональными типами организма человека и множеством традиционных западных диагнозов.

В предлагаемой модели выбор показателей информативности диагностических методов может производиться как по вектору допускаемых врачом диагнозов, в целом, так и по отдельным заболеваниям.

1. ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ОЦЕНКИ ДИАГНОСТИЧНОСТИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА

Стремительная эволюция математических методов, основанных на вычислительных алгоритмах, позволила реализовать диагностические методы в виде сложных процедур. Кроме того, для оценки диагностической точности и эпидемиологической эффективности автоматизированных методов доступны проекты исследований, статистические методы анализа данных и методические рекомендации.

Бинарный тест позволит оценивать правдоподобие для обоих результатов. При анализе любого тестирования определяется интерпретация диагноза (положительный или отрицательный) у больных с наличием или отсутствием заболевания (табл. 1) [3].

Таблица 1

Table 1

Интерпретация наличия заболевания («положительный» и «отрицательный»)**The interpretation of disease presence ('positive' and 'negative')**

Тест	Заболевание		Итого пациентов
	присутствует	отсутствует	
Положительный	a	b	$a + b$
Отрицательный	c	d	$c + d$
Итого	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

Для характеристики информативности диагностических методов исследования служат объективные параметры, именуемые операционными характеристиками исследования (теста).

К важнейшим операционным характеристикам метода диагностики относятся:

- чувствительность диагностического теста (Se , sensitivity) – доля позитивных результатов теста в группе больных пациентов:

$$Se = a/(a + c), \quad (1)$$

где $(a + c)$ – количество больных пациентов по результатам теста, a – количество больных из $(a + c)$;

- специфичность диагностического теста (Sp , specificity) – доля негативных результатов теста в группе здоровых пациентов:

$$Sp = d/(b + d), \quad (2)$$

где $(b + d)$ – количество здоровых пациентов, d – количество здоровых из $(b + d)$.

Понятно, что более информативные данные, определяющие симптомы, окажут больше влияние на диагноз, в отличие от неполных данных (например, жалобы пациента о болезни, случайные ошибки в лабораторных исследованиях, неправильное истолкование результатов исследования и т. п.) [4–5].

Основная сложность при проектировании медицинской экспертной системы заключается в определении соответствия и точности результатов из диагностик традиционной западной и восточной медицины.

Предлагаемая математическая формализация направлена на выявление логических основ диагностики о болезнях, описываемых различными понятиями и моделями. Для повышения точности диагноза разработаны программный модуль критерия диагностичности (информативности) и модуль анализа на основе условных энтропий. Условные вероятности определяют

правдоподобие получения у пациента ответа на вопрос о наличии (отсутствии) жалоб при условии наличия (отсутствия) диагноза для определения симптомов, которые информативны при подсчете вероятности диагноза по формуле Байеса. Оценка априорных вероятностей происходит на основе статистической вероятности диагноза.

Значения правдоподобия симптоматической информации принимаются для расчета апостериорных вероятностей диагнозов. Апостериорные вероятности для всех пар «диагноз–симптом» при любом ответе на вопрос оцениваются по правилу Байеса [6–8].

Имеются множества диагнозов D и симптомов S , на основе которых специалист может получить необходимую информацию о диагностике заболеваний. Каждый диагноз $P(D_i)$, $i = \overline{1, n}$, со своим отрицанием $P(\overline{D}_i) = 1 - P(D_i)$ составляет ансамбль гипотез на множестве симптомов $\{S_j\}$, $j = \overline{1, m}$. Обозначим через S_j наличие симптома, а через \overline{S}_j – то, что он отсутствует.

На рис. 1 показана связь между симптомами и болезнью. Это означает, что «если все симптомы от S_1 до S_n являются истинными, то болезнь D_1 также истинна» или «когда все симптомы от S_1 до S_n появляются, то следует диагностировать болезнь D_1 ».

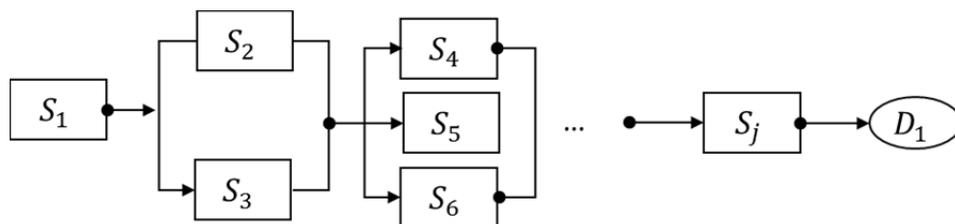


Рис. 1. Последовательность проверки симптомов данной болезни

Fig. 1. Sequence of verification of the given disease symptoms

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 подсчете вероятности диагноза по формуле Байеса.

Обозначения вероятностей представлены в работе [9]:

$$\{P(S_j/D_i)\}; \{P(\overline{S}_j/D_i)\}; \{P(S_j/\overline{D}_i)\}; \{P(\overline{S}_j/\overline{D}_i)\}.$$

Здесь вероятности диагноза $P_{apost}(D_i)$ и $P_{apost}(\overline{D}_i)$ определяются при наличии или отсутствии симптома, выявляемого при ответах пациента:

$$P_{apost} \left(\frac{D_i}{S_j} \right) = \frac{P(D_i) P(S_j/D_i)}{P(S_j)}, \quad (3)$$

где

$$P(S_j) = P(D_i) P\left(\frac{S_j}{D_i}\right) + P(\overline{D_i}) P\left(\frac{S_j}{\overline{D_i}}\right);$$

$$P_{apost}\left(\frac{D_i}{S_j}\right) = \frac{P(D_i) P\left(\frac{S_j}{D_i}\right)}{P(S_j)}, \quad (4)$$

где

$$P_{apost}(\overline{S_j}) = P(D_i) P\left(\frac{\overline{S_j}}{D_i}\right) + P(\overline{D_i}) P\left(\frac{\overline{S_j}}{\overline{D_i}}\right).$$

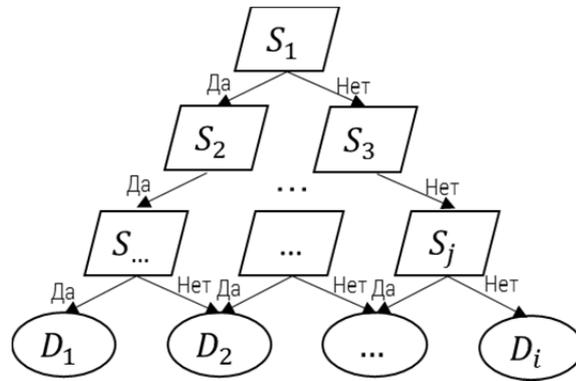


Рис. 2. Выбор между симптомами

Fig. 2. Selection between symptoms

Противоположные случаи апостериорных вероятностей:

$$P_{apost}\left(\frac{\overline{D_i}}{S_j}\right) = 1 - P_{apost}\left(\frac{D_i}{S_j}\right); \quad (5)$$

$$P_{apost}\left(\frac{\overline{D_i}}{\overline{S_j}}\right) = 1 - P_{apost}\left(\frac{D_i}{\overline{S_j}}\right). \quad (6)$$

Если использовать шенноновское количество информации, заключенное в ответе, в качестве критерия диагностичности симптома при первом вопросе, то имеем две частные условные энтропии (остаточные) [10]:

$$H\left(\frac{D_i}{S_j}\right) = - \left[P_{apost}\left(\frac{D_i}{S_j}\right) \log P_{apost}\left(\frac{D_i}{S_j}\right) + P_{apost}\left(\frac{\overline{D_i}}{S_j}\right) \log P_{apost}\left(\frac{\overline{D_i}}{S_j}\right) \right]. \quad (7)$$

Аналогично для

$$H\left(\frac{D_i}{\bar{S}_j}\right) = -\left[P_{apost}\left(\frac{D_i}{S_j}\right) \log P_{apost}\left(\frac{D_i}{S_j}\right) + P_{apost}\left(\frac{\bar{D}_i}{\bar{S}_j}\right) \log P_{apost}\left(\frac{\bar{D}_i}{\bar{S}_j}\right) \right]. \quad (8)$$

Тогда средняя условная энтропия

$$\bar{H}\left(\frac{D_i}{S_j}\right) = P(S_j) H\left(\frac{D_i}{S_j}\right) + P(\bar{S}_j) H\left(\frac{\bar{D}_i}{\bar{S}_j}\right). \quad (9)$$

2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТИТУЦИОННЫХ ТИПОВ ЧЕЛОВЕКА

В настоящее время исследователи в области медицины конституцию рассматривают в качестве основной характеристики состояния здоровья целостного организма человека. В качестве исходных данных диагностики при восточной диагностике используется опросник, включающий определенные вопросы, сформулированные специально для определения конституциональных типов человека, и список вероятных болезней. Учение о конституциях является основной теорией познания человека, что основано на представлении о соматопсихической ценности человеческого организма. Антропологические особенности индивидуума необходимо учитывать не только в качестве предиктора возникновения заболевания, но и как фактора, определяющего особенности клиники и течения многофакториальных болезней. С точки зрения восточной медицины совокупность антропологических и психологических данных человека дает эффективную информацию о состоянии человеческого здоровья и о понятии его образа жизни и имеет очень распространенное применение в диагностическом и лечебном процессах.

В Стратегии Всемирной организации здравоохранения с 2002 по 2005 год определяется, что «восточная или народная медицина расширяет масштабы тенденции использования в медицинской помощи и альтернативной медицины в качестве источника ресурсов. В этой связи нам необходимо усовершенствовать конкретную политику и методологию для интеграции традиционной западной и восточной медицины и решить проблему обеспечения доступности, безопасности и эффективности диагноза и лечения» [11]. Таким образом, научное исследование определения человеческой врожденной особенности (конституционный тип человека) по его морфологическим и психодинамическим характеристикам является ценными дополнительными данными для лечебного и диагностического процессов традиционной западной медицины [12].

Во многих древнейших канонах восточной медицины написано, что состояние здоровья человеческого организма зависит от равновесия трех основных регулирующих систем (также называются основными элементами): ветер (нервная система), желчь (пищеварительная система) и слизь (эндокринная и лимфатическая система). Конституционные типы человека являются основными диагностическими факторами восточной медицины и опре-

деляются на основе этих трех основных систем. В зависимости от выраженности и соотношения тех или иных признаков и свойств морфологии, физиологических систем и организма целом, в том числе особенностей нервной системы, присущих исследуемому населению, принято выделять следующие конституционные типы: доминирующие типы T1–T3 (ветер, желчь и слизь), смешанные типы T4–T6 (ветер–желчь, желчь–слизь и ветер–слизь; аналогично можно определить желчь–ветер, слизь–желчь и слизь–ветер) и комбинированный тип T7 (ветер–желчь–слизь) [13].

Следовательно, правильное определение типа конституции человека в случае заболевания или до его проявления даст возможность выделить основные признаки болезни или состояние его здоровья, также позволит прогнозировать терапию или профилактику разных болезней, что, в свою очередь, улучшит результаты лечения заболевания [14, 15].

Предполагается, что после предварительного клинического обследования пациента и проведения типовых диагностических процедур врач формирует множество возможных диагнозов. В общих случаях при предварительной диагностике человек дает устное описание проявляющихся симптомов текущей болезни. Вследствие этого при определении реально присутствующего заболевания (заболеваний) встает актуальная задача выбора в качестве эталона других методов диагностики, которые по своему характеру дают максимально возможную и точную характеристику патологического процесса.

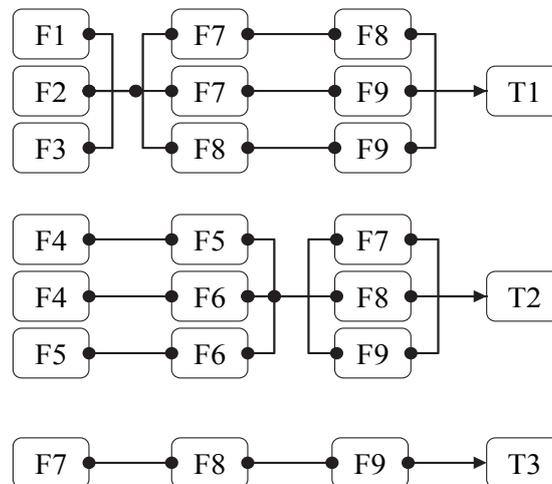


Рис. 3. Ситуативная модель отношений между конституционными типами и их основными факторами

Fig. 3. Situational model of the relations between constitution types and main facts

Предположим, что в нашем случае получим следующую информацию, например:

1) человек выбирает фактор $F1$ и одновременно $F8$ или $F9$, тогда должен обнаруживаться тип $T1$:

$$F1[F8 + F9] \rightarrow T1;$$

2) человек выбирает фактор $F2$ и одновременно $F7$ или $F9$ при отсутствии $F1$ и $F3$, тогда должен обнаружиться тип $T2$:

$$F2[F7 + F9] \overline{F1} \overline{F3} \rightarrow T2;$$

3) у человека обнаруживается три равных фактора. Это означает, что тип конституции $T3$:

$$[F7 \cdot F8 \cdot F9] \rightarrow T3.$$

Под конституционно-морфологическими характеристиками подразумевают такие показатели структуры, метаболизма, функции, психики и поведения человека, которые на протяжении значительного времени существенно не изменяются. Благодаря определению конституционных типов человека можно получить информацию о причине болезни в соответствии с внутренними факторами, структурой телосложения и его особенностями [16].

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.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

В предлагаемой системе диагностики проводится два теста: первый тест – на основе западной медицины, второй включает дополнительные вопросы с учетом конституции человека (по восточной медицине). Система формирует диагноз на основе ответов пользователя по конкретным вопросам, задаваемым пользователю. Ответы на вопросы обеспечивают систему информацией для объяснения симптомов болезни пациента, помогающего экспертной системе выдать диагноз болезни посредством механизма логического вывода.

При проверке тестирования в системе использовались полученные данные по опросам 235 человек. Из них 102 были здоровыми, и остальные 133 – с различными диагнозами. Все эти диагнозы были разделены на две группы болезней (сердечно-сосудистые заболевания и заболевания почек).

Таблица 2

Table 2

Частоты встречаемости конституционных типов участников

Frequencies of constitution types

№ п/п	Тип конституции	Частота М	Частота Ж	Частота М	Частота Ж
		Здоровые		Больные	
1	Тип 1	1	1	5	8
2	Тип 2	1	19	18	28

Окончание табл. 2

End tab. 2

№ п/п	Тип конституции	Частота М	Частота Ж	Частота М	Частота Ж
		Здоровые		Больные	
3	Тип 3	0	1	0	4
4	Тип 4	17	31	7	33
5	Тип 5	2	2	3	4
6	Тип 6	9	12	16	7
7	Тип 7	1	5	0	0
Итого		31	71	49	84
		102		133	

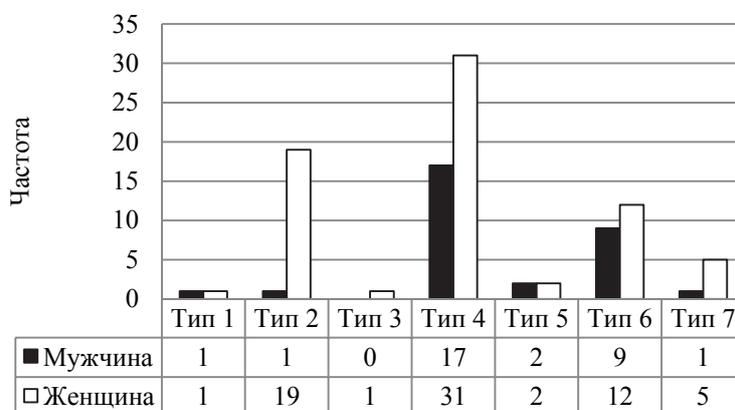


Рис. 4. Диаграмма частоты встречаемости конституционных типов в группе здоровых

Fig. 4. Chart of encounter rates frequency of constitution types in health group

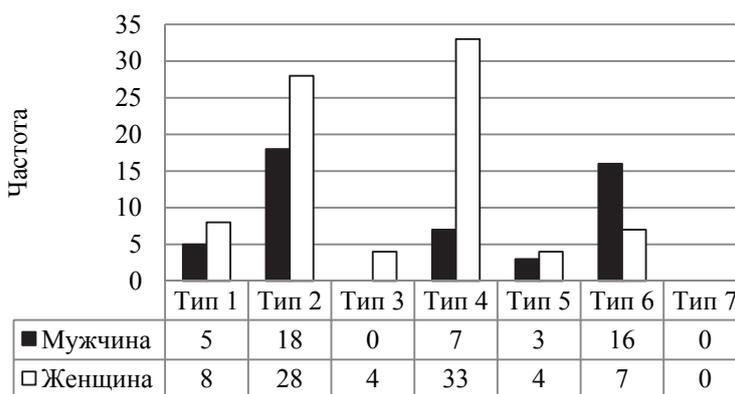


Рис. 5. Диаграмма встречаемости конституционных типов в группе больных

Fig. 5. Chart of encounter rates frequency of constitution types in sick group

Одной из важных прикладных задач является проверка однородности статистических данных [17].

Пусть имеются две выборки X_n и Y_n , описывающие один и тот же процесс и полученные в разное время или в разных условиях.

Пусть $X_n = \{X_1, \dots, X_n\}$ распределено по закону $F_1(x)$.

Пусть $Y_n = \{Y_1, \dots, Y_n\}$ распределено по закону $F_2(x)$.

Гипотеза однородности, т. е. совпадения распределения для первой и второй выборки, формулируется следующим образом:

$$H_0 : F_1(x) \equiv F_2(x).$$

Одним из часто используемых критериев проверки гипотезы однородности является критерий χ^2 Пирсона. В общем случае если осуществляется k последовательных серий независимых наблюдений, состоящих из n_1, n_2, \dots, n_k наблюдений, то для его применения необходимо рассчитать статистику:

$$\chi_n^2 = n \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^k \frac{(v_{ij} - n_j v_i / n)^2}{n_j v_i} = n \left(\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^k \frac{v_{ij}^2}{n_j v_i} - 1 \right), \quad (10)$$

где v_{ij} – число наблюдений i -го исхода в j -й серии; $n = n_1 + \dots + n_k$ – общее число наблюдений; s – количество интервалов группирования каждой выборки:

$$\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^k \frac{(v_{ij} - n_j p_i)^2}{n_j p_i}. \quad (11)$$

Эта статистика при $n \rightarrow \infty$ имеет распределение $\chi_{((s-1)(k-1))}^2$.

Критическая область имеет вид $\{t \geq t_\alpha\}$, $t_\alpha = F_2^{-1}(\alpha) = \chi_{(s-1)(k-1)}^{-1}(1-\alpha)$.

Например, для проверки гипотезы однородности данных для выборки здоровых и имеющих сердечно-сосудистые заболевания мужчин получены следующие данные.

Значение статистики $\chi_n^2 = 11,20$, значение квантиля χ_n^2 при заданном уровне значимости 0,05 равно $F_2^{-1}(0,95) = \chi_{(7-1)(2-1)}^{-1}(0,95) = 12,59$. Следовательно, дан-

ные не противоречат выдвигаемой гипотезе. По заболеваниям почек полученные результаты были аналогичными. Другими словами, тип конституции влияет на вид заболевания.

Заметим, что статистика критерия (10) имеет аналогичный вид и для проверки гипотезы независимости [17], если в качестве двумерной случайной величины выбирать величину, у которой первая компонента является типом конституции, а вторая – признаком «здоровые / больные».

Из участвующих при тестировании диагностической системы были выбраны 10 пациентов с известными диагнозами без группировки по полу. Тестирова-

ние в диагностической системе было проведено по двум вариантам: без прохождения предварительного теста (на определение типа конституции человека) и с учетом определения конституционных типов человека. При прохождении основного теста задается ряд вопросов о текущих симптомах. Вопросы задаются в произвольном порядке, в зависимости от определенной болезни. Большинство ответов «да» увеличивают вероятность диагноза болезни.

Далее определяются изменения вероятностей диагноза, которые зависят от полученных ответов. Симптомы диагнозов имеют разные частоты наблюдаемости. Следовательно, неопределенность появления для некоторых симптомов больше, чем для других. Суть взаимозависимости вопросов и ответов заключается в наблюдаемости симптомов.

При прохождении тестирования с учетом конституции человека некоторые названия диагнозов остаются такими же, как после прохождения основного теста без предварительного, а также появятся новые названия диагнозов в зависимости от типа конституции человека. После прохождения теста с учетом дополнительной информации также изменяется вероятность диагнозов.

Достоверность определения известного диагноза $F = f_1 P_d$ зависит от номера его места в списке результатов (коэффициент $f_1(N_d) \in [0; 1]$) и от вероятности известного диагноза после прохождения тестирования в системе P_d . Здесь

$$f_1 = \frac{N_d}{N}, \quad (12)$$

где N_d – номер места в списке результатов проявления известного диагноза, N – общее число вариантов диагноза.

Проверка достоверности определения известного диагноза проводилась для двух тестирований (без учета определения конституции человека и с ним).

Таблица 3

Table 3

Изменения проверки достоверности определения диагноза
Changes in the verifying the accuracy of diagnosis

№ п/п	$F = f_1 P_d$	$F_{TM} = f_1 P_d$
1	0,570879979	0,570879979
2	0,69078482	0,750890256
3	0,482198202	0,463329364
4	0,69075452	0,69075452
5	0,7479503	0,7479503
6	0,379576889	0,449589147
7	0,379576889	0,492339929
8	0,533893572	0,533893572
9	0,381970019	0,46865726
10	0,512964083	0,577532225

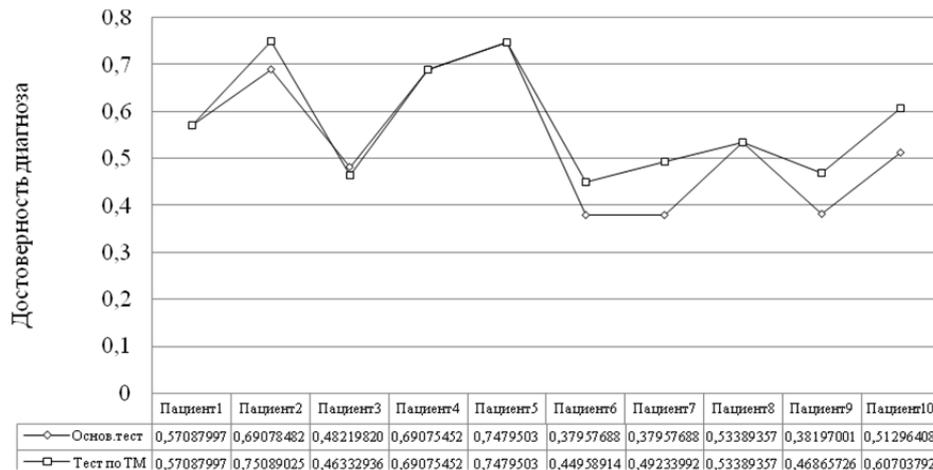


Рис. 6. Изменение достоверности известного диагноза

Fig. 6. Changes in the reliability of the known diagnosis

На графике приведена зависимость достоверности диагностики от расположения известного диагноза в полученном списке результатов работы экспертной системы (рис. 6).

Среднее значение достоверности двух тестов оценивается по формуле

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n}, \quad (13)$$

где F_i – значение i -й достоверности теста, n – общее число тестирований (пациентов).

Тогда среднее значение достоверности теста без учета конституции человека $\bar{F} = 0,537$, аналогично (13) для теста с учетом конституции человека $\bar{F}_{TM} = 0,577$. Следовательно, среднее значение достоверности теста с учетом конституции человека больше, чем при его отсутствии ($\bar{F}_{TM} > \bar{F}$), на 7,53 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведены исследования на основе интеграции диагностического метода западной и восточной медицины среди 235 человек. Из них 102 были здоровы, а остальные – с известными диагнозами. Пациенты были разделены на две группы заболеваний: сердечно-сосудистые заболевания и заболевания почек. Из них 10 пациентов с известными диагнозами были выбраны для прохождения тестирования по диагностической экспертной системе, построенной на основе интеграции диагностики западной и восточной медицины. В результате показаны изменения вероятностей диагностики на

основе различных симптомов при определенной болезни у указанных пациентов. Показано, что достоверность диагноза при предварительном определении типа конституции человека выше в среднем на 7,53 %, чем при его отсутствии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование экспертных систем медицинской диагностики на базе нечеткой логики с применением методов системного моделирования / Т.В. Брейкин, Л.З. Камалова, С.Я. Попкова, А.А. Карташевская // Управление в сложных системах: межвузовский научный сборник УфГТУ. – Уфа, 1999. – С. 127–137.
2. Дошина А.Д. Экспертная система. Классификация. Обзор существующих экспертных систем // Молодой ученый. – 2016. – № 21 (125). – С. 756–758.
3. Власенко Т.А. Критерий диагностичности для модели медицинской диагностики // Вестник науки и образования. – 2015. – № 4 (6). – С. 57–58.
4. Шегал Б.Р. Модель выбора информации в экстренной медицинской диагностике // Сборник научных трудов НГТУ. – 2013. – № 2 (72). – С. 68–77.
5. Власенко Т.А., Шегал Б.Р. Критерий диагностичности для модели экстренной медицинской диагностики // Сборник научных трудов НГТУ. – 2014. – № 2 (76). – С. 48–57.
6. Diagnostic test design for the medical decision support system "Aimedica" based on integration of the "European" and the "Eastern" medicines / M.G. Grif, B.R. Shegal, Yu. Ayush, S.V. Yastrebova // Proceedings International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences, SIBIRCON-2017, Novosibirsk, 18–22 September 2017. – Новосибирск, 2017. – P. 209–214.
7. Гриф М.Г., Аюш Ю., Шегал Б.Р. Разработка диагностической медицинской экспертной системы с учетом конституционного типа пациента // Вестник АГТУ. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2018. – № 2. – С. 81–90.
8. Гриф М.Г., Аюш Ю., Ястребова С.В. Проектирование диагностической экспертной системы на основе диагностических методов европейской и восточной медицины // Доклады АН ВШ РФ. – 2018. – № 2 (39). – С. 40–51.
9. Ластед Л.Б. Введение в проблему принятия решений в медицине: пер. с англ. – М.: Мир, 1971. – 282 с.
10. Стратонович Р.Л. Теория информации. – М.: Советское радио, 1975. – 424 с.
11. Усухбаяр Б. Логическое и методическое исследование основных принципов традиционной медицины для профилактики и диагностики заболеваний: дис. ... канд. мед. наук. – Улан-Батор, 2003. – 124 с.
12. Батсүх Б. Исследование влияния биологического возраста и конституционных типов на ишемическую болезнь сердца: дис. ... канд. мед. наук. – Улан-Батор, 2010. – 127 с.
13. Эмпирический анализ тибетской системы классификации конституциональных типов человека / С.В. Калмыков, А.С. Цыбиков, Г.И. Занданова, О.А. Зинина // Вестник Бурятского государственного университета. – 2014. – № 3. – С. 93–100.
14. Баавгай Ч., Болдсайхан Б. Монгольская традиционная медицина. – Улан-Батор: Гос. бзд-во, 1990. – 380 с.
15. Чжуд-Ши. Основы тибетской медицины [Электронный ресурс]. – СПб.: Невский проспект, 1999. – URL: <http://www.rulit.me/books/chzhud-shi-osnovy-tibetskoj-mediciny-read-415656-1.html> (дата обращения: 26.03.2019).
16. Ayush Yu., Grif M.G. The computational method for self-diagnostical system // IBS Scientific Workshop Proceedings. – 2017. – N 4. – P. 67–69.
17. Постовалов С.Н., Чимитова Е.В., Карманов В.С. Математическая статистика: конспект лекций. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – 140 с.

Аюуш Юмчмаа, аспирант кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов – медицинская экспертная система. Имеет 15 публикаций. E-mail: a_yum@mail.ru

Ayush Yumchmaa, a postgraduate student at the automated systems department, Novosibirsk State Technical University. Her research interests are focused on medical expert systems. She has published 15 research papers. E-mail: a_yum@mail.ru

DOI: 10.17212/1814-1196-2019-1-141-156

Analysis of medical expert system testing results based on the integration of traditional western and eastern medicine*

YU. AYUSH

Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation

a_yum@mail.ru

Abstract

Detecting diseases at an early stage can help to prevent diseases and treat them effectively. The choice of correct treatment depends on methods that are used in diagnosing diseases. However, diagnosing a disease at an early stage is difficult in the case of most diseases which are originally present or have similar symptoms. It is proposed to use an expert system based on the integration of traditional western and eastern medicine, which makes it possible to identify the causes of diseases as well as to follow a healthy lifestyle provided by eastern medicine. Differentiated assessment of relationships of human diseases gives an opportunity to distinguish constitutional-dependent symptoms of a disease and risk factors. It will also allow individualizing the prognosis and treatment, which, in turn, will improve the results of treatment of the disease. A medical diagnostic expert system based on the integration of traditional western and eastern medicine helps to observe additional factors of a disease, in particular, the influence of human anthropological and psychological data on the manifestation of the disease. To perform the above tasks, the probability theory, mathematical statistics and artificial intelligence were used. In the proposed model the choice of the information density of the diagnostic method can be performed in terms of both the vector of diagnoses made by the therapist in general and individual diseases. The creation of the knowledge base requires the integration of different sources. For this purpose, various types of morphisms which reflect the preferable diagnostic links between the basic human constitutional types and a set of western diagnoses are formed. In the research work the possibilities of the model and the main functions of the developed expert system are substantially expanded. They consist in issuing a list of hypotheses of differentiated diagnosis reliable from the point of view of the expert system on the basis of the entered and expected symptoms, existing or excluded related diagnoses. The article describes the results of medical diagnostic system testing and the results of statistical processing of received data.

Keywords: decision-making system, diagnostic, western and eastern medicine, health assessment, priori and posteriori probabilities, information entropy, testing of statistical hypothesis, certainty of diagnostics

* Received 14 November 2018.

REFERENCES

1. Breikin T.V., Kamalova L.Z., Popkova S.Ya., Kartashevskaya A.A. Proektirovanie ekspertnykh sistem meditsinskoj diagnostiki na baze nechetkoj logiki s primeneniem metodov sistemnogo modelirovaniya [Model of expert systems for medical diagnostics on the basis of fuzzy logic with application of system modeling method]. *Upravlenie v slozhnykh sistemakh* [Management in complex systems]. Ufa, 1999, pp. 127–137.
2. 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.
3. Vlasenko T.A. Kriterii diagnostichnosti dlya modeli meditsinskoj diagnostiki [Diagnosticity criteria for medical diagnostic model]. *Vestnik nauki i obrazovaniya – Bulletin of Science and Education*, 2015, no. 4 (6), pp. 57–58.
4. Shegal B.R. Model' vybora informatsii v ekstremnoi meditsinskoj diagnostike [The information choice model in emergency medical diagnostics]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2013, no. 2 (72), pp. 68–77.
5. Vlasenko T.A., Shegal B.R. Kriterii diagnostichnosti dlya modeli ekstremnoi meditsinskoj diagnostiki [Diagnostic criterion for the model of emergency medical diagnostics]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2014, no. 2 (76), pp. 48–57.
6. Grif M.G., Shegal B.R., Ayush Yu., Yastrebova S.V. Diagnostic test design for the medical decision support system "Aimedica" based on integration of the "European" and the "Eastern" medicines. *Proceedings International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences, SIBIRCON-2017*, Novosibirsk, 18–22 September 2017, pp. 209–214.
7. Grif M.G., Ayush Yu., Shegal B.R. Razrabotka diagnosticheskoy medicinskoj ehkspertnoj sistemy s uchedom konstitucionnogo tipa pacienta [Development of diagnostic medical expert system subject to the constitutional type of a patient]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*, 2018, no. 2, pp. 81–90.
8. Grif M.G., Ayush Yu., Yastrebova S.V. Proektirovanie diagnosticheskoi ekspertnoi sistemy na osnove diagnosticheskikh metodov evropejskoj i vostochnoi meditsiny [Design of a diagnostic expert system based on diagnostic methods of European and eastern medicines]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossijskoj 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.
9. Lusted L.B. *Introduction to medical decision making*. Springfield, Ill., C.C. Thomas, 1968 (Russ. ed.: Lusted L.B. *Vvedenie v problemu prinyatiya reshenii v meditsine*. Moscow, Mir Publ., 1971. 282 p.).
10. Stratonovich R.L. *Teoriya informatsii* [Information theory]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1975. 424 p.
11. Usukhbayar B. *Logicheskoe i metodicheskoe issledovanie osnovnykh printsipov traditsionnoi meditsiny dlya profilaktiki i diagnostiki zabolevanii*. Diss. kand.med. nauk [Logical and methodical research of the basic principles of traditional medicine for prevention and diagnostics of diseases. PhD med. sci. diss.]. Ulaanbaatar, 2003. 124 p.
12. Batsukh B. *Issledovanie vliyaniya biologicheskogo vozrasta i konstitutsionnykh tipov na ishemicheskuyu bolezni' serdtsa*. Diss. kand. med. nauk [Research of influence biological age and the constitutional types on coronary heart disease. PhD med. sci. diss.]. Ulaanbaatar, 2010. 127 p.
13. Kalmykov S.V., Tsybikov A.S., Zandanova G.I., Zinina O.A. Empiricheskii analiz tibetskoj sistemy klassifikatsii konstitutsional'nykh tipov cheloveka [Empirical analysis of the Tibetan system of classification of constitutional human types]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of the Buryat State University*, 2014, no. 3, pp. 93–100.
14. Baavgai Ch., Boldsaikhan B. *Mongol'skaya traditsionnaya meditsina* [Mongolian traditional medicine]. Ulaanbaatar, State Publishing House, 1990. 380 p.

15. 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 26.03.2019).

16. Ayush Yu., Grif M.G. The computational method for self-diagnostical system. *IBS Scientific Workshop Proceedings*, 2017, no. 4, pp. 67–69.

17. Postovalov S.N., Chimitova E.V., Karmanov V.S. *Matematicheskaya statistika* [Mathematical statistics]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2014. 140 p.

Для цитирования:

Аюуш Ю. Анализ результатов тестирования медицинской экспертной системы на основе интеграции традиционной западной и восточной медицины // Научный вестник НГТУ. – 2019. – № 1 (74). – С. 141–156. – DOI: 10.17212/1814-1196-2019-1-141-156.

For citation:

Ayush Yu. Analiz rezul'tatov testirovaniya meditsinskoi ekspertnoi sistemy na osnove integratsii traditsionnoi zapadnoi i vostochnoi meditsiny [The outcome analysis of testing the medical expert system based on the integration traditional western and eastern medicine]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2019, no. 1 (74), pp. 141–156. DOI: 10.17212/1814-1196-2019-1-141-156.