

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПОСТАНОВКИ ДИАГНОЗА

О. В. Теплюк, И. П. Селетков

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

Проблема объективности постановки диагноза существует уже долгое время [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Результат лечения в значительной степени зависит от того, насколько правильно была произведена оценка состояния больного, и насколько точно был поставлен диагноз. В связи с этим возникает необходимость повышения автоматизации процесса диагностики заболеваний.

В работах [2, 3] для количественной оценки величин по большому количеству разнообразных качественных критериев было предложено использовать матричный аппарат нечёткой логики. Таким образом, основная цель данной работы заключается в том, чтобы помочь врачам повысить качество и объективность постановки диагноза. Были рассмотрены такие технологии как мобильный глюкометр и мобильное приложение «Справочник врача», но они не учитывают такой фактор, как показания пациента. В связи с этим было принято решение разработать новый комплекс программных продуктов, позволяющий комплексно и качественно решать поставленную задачу. Для проверки нового интернет-ресурса, его работоспособности и качества выбранного метода реализации, ограничили спектр наиболее часто возникающих заболеваний и наиболее общими симптомами.

В данной работе используется матричный аппарат нечеткой логики. В нём используются модели логических операций, естественным образом обобщающие их «чёткие» аналоги на область нечётких переменных и предикатов. Этот аппарат позволяет свести задачи нечеткого логического вывода к решению системы линейных алгебраических уравнений с известными условиями существования и единственности решений, а также упростить формализацию правил базы знаний [4, 5].

Рассмотрим алгоритм нечеткого вывода. Строим базу знаний для помощи в постановке диагноза по оценкам выраженности симптомов респираторных заболеваний. Изначально были выбраны 6 самых часто встречающихся заболеваний:

- Грипп,
- ОРВИ,
- Острый бронхит,
- Внебольничная пневмония,
- Хроническое обструктивное заболевание легких,
- Ангина.

Со слов экспертов (врачей-терапевтов) и по данным справочника [5] был составлен список из 14 симптомов данных заболеваний, наличие которых можно оценить в домашних условиях. Для некоторых из симптомов необходима не только оценка наличия или отсутствия, но также и оценка степени выраженности. Для учета этого, в соответствии со справочником [5], были сформулированы правила *modus ponens*, табл. 1.

Для демонстрации вывода оставим только 3 основных симптома: температуру тела, головную боль и насморк. Остальные симптомы обрабатываются аналогично. Пользователь оценивает в баллах степень выраженности симптомов, указывает температуру тела в градусах Цельсия. Обозначим эти параметры следующим образом:

$t$  – температура тела в градусах  $t \in [35, 40]^\circ\text{C}$ ,

$ha$  – головная боль  $ha \in [0, 10]$ ,

$nsm$  – насморк  $nsm \in [0, 10]$ ,

результатом работы алгоритма будет:

$p^{(s)}$  – оценка вероятности  $s$ -того заболевания  $p^{(s)} \in [0, 100]$ .

Все параметры имеют «чёткие значения». Степень справедливости соответствующего правила для каждого из симптомов задается в виде функций. Работа экспертной системы задается правилами, сформулированными на языке лингвистических переменных  $t$ ,  $ha$ ,  $nsm$ , соответствующих входным параметрам, и выходу  $p$ . Каждая лингвистическая переменная принимает ряд значений в соответствии с выраженностью симптомов:

$t_1$  – "температура пониженная",

$t_2$  – "температура нормальная",

$t_3$  – "температура повышенная",

$t_4$  – "жар",

$ha_1$  – "головная боль отсутствует",

$ha_2$  – "головная боль слабая",

$ha_3$  – "головная боль сильная",

$nsm_1$  – "насморк отсутствует",

$nsm_2$  – "насморк слабый",

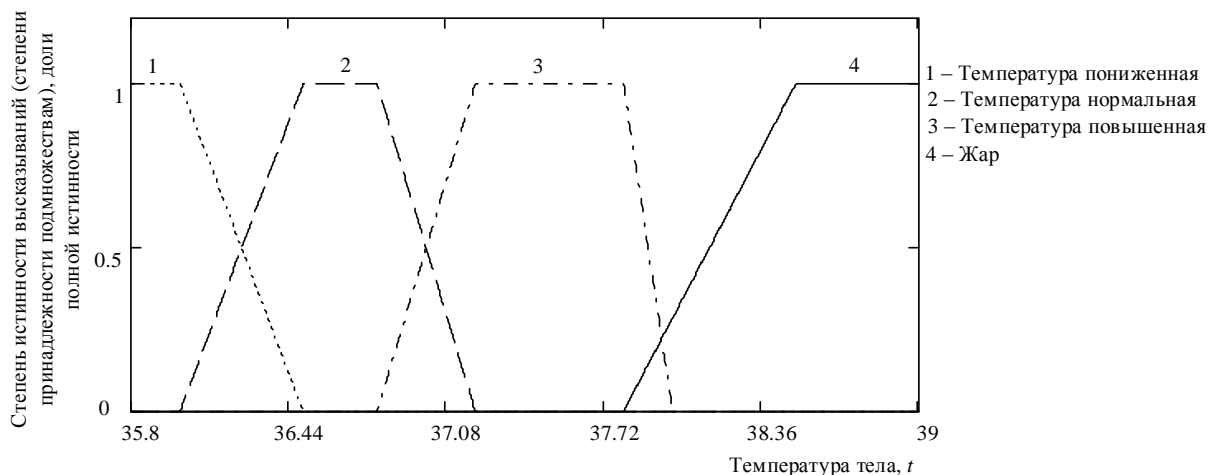
$nsm_3$  – "насморк средний",

$nsm_4$  – "насморк сильный",

$p$  – "вероятность".

Значения лингвистических переменных количественно описываются нечеткими подмножествами «универсальных» множеств (универсумов)  $A^t$  (множество допустимых значений температуры),  $A^{ha}$  (множество оценок

силы головной боли),  $A^{nsm}$  (множество оценок силы насморка) и  $B$  (множество допустимых значений вероятности) соответственно. Они задаются векторными функциями принадлежности  $\mu_i^{(t)}(t)$ ,  $\mu_j^{(ha)}(t)$ ,  $\mu_k^{(nsm)}(t)$  и  $\mu_m^{(p)}(p)$  точек универсума нечетким подмножествам, рис.1.



**Рис.1.** Пример функций принадлежности для нечеткой экспертной системы «Электронный доктор» для оценки температуры тела

Лингвистические правила аналитически записываются в виде:

$$p_m = P(t_i, ha_j, nsm_k).$$

Все правила для рассматриваемых симптомов сформулированы в виде таблицы (табл. 1).

**Таблица 1.** Степени справедливости правил экспертной системы «Электронный доктор»

Симптомы	Температура				Головная боль			Насморк			
	Низкая	Нормальная	Повышенная	Жар	Нет	Слабая	Сильная	Нет	Слабый	Средний	Сильный
Грипп	0,000	0,000	0,083	0,092	0,000	0,000	0,092	0,092	0,000	0,000	0,000
ОРВИ	0,000	0,064	0,096	0,000	0,106	0,000	0,000	0,000	0,000	0,053	0,053
Острый бронхит	0,000	0,073	0,049	0,000	0,122	0,000	0,000	0,122	0,000	0,000	0,000
Внебольничная пневмония	0,000	0,000	0,023	0,091	0,000	0,023	0,091	0,114	0,000	0,000	0,000
Хроническое обструктивное заболевание легких	0,000	0,115	0,000	0,000	0,115	0,000	0,000	0,115	0,000	0,000	0,000
Ангина	0,000	0,000	0,022	0,089	0,000	0,056	0,056	0,111	0,000	0,000	0,000

Количественная реализация алгоритма сводится к нахождению параметра  $p^{(s)}$  по заданным значениям входных параметров  $t$ ,  $ha$ ,  $nsm$ . Находим значения  $\mu^{(t)}_i(t)$ ,  $\mu^{(ha)}_j(t)$ ,  $\mu^{(nsm)}_k(t)$ , которые являются некоторыми числами из отрезка  $[0, 1]$ . Для вычисления  $p^{(s)}$  в соответствии с матричным алгоритмом [2,3] строим вспомогательную функцию  $G(y)$ , имеющую следующий вид:

$$G(p^{(s)}) = \bigvee_{i,j,k,m} \delta_{i,j,k,m,s} \left\{ \mu^{(t)}_i(t) \vee \mu^{(ha)}_j(t) \vee \mu^{(nsm)}_k(t) \vee \mu^{(p)}_m(p) \right\} \wedge z_{i,j,k,m,s}$$

Результат находим, собирая все функции в одну таким образом, чтобы получить его в процентах:

$$res(t, ha, nsm) = p^{(s)} \cdot 100$$

Аналогичным образом рассчитываются вероятности всех заболеваний.

В результате выполнения данной работы:

- Предложен алгоритм количественной оценки вероятностей заболеваний по выраженности симптомов больного, основанный на матричном представлении нечёткой логики.
- Разработан интернет ресурс, позволяющий пользователям рассчитать вероятности заболеваний и получить рекомендации, по ответам на вопросы из базы знаний.

Результаты тестирования ресурса показали, что получаемый по завершению опроса диагноз является достаточно точным.

### Список литературы

1. Тарасов К. Е., Великов В. К., Фролова А. И. Логика и семиотика диагноза (методологические проблемы). М.: Медицина, 1989. 272 с.
2. Марценюк М. А., Поляков В. Б., Селетков И. П. Модель нечёткого автомата для оценки успеваемости студента. Прикладная информатика. Научно-практический журнал. №5 (53). 2014. С. 41–49.
3. Марценюк М. А., Поляков В. Б., Селетков И. П. Нечёткий алгоритм многофакторной оценки рейтинга студента. Современные информационные технологии и ИТ-образование [Электронный ресурс] / Сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции / под ред. В. А. Сухомлина. Москва: МГУ, 2013. Т.2. 352с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. Пер. с англ. М.: Бином, 2009. 798 с.
5. Бородулин В. И., Ланцман М. Н. Справочник: Болезни. Синдромы. Симптомы. М.: ООО «Издательство Ониск»: ООО «Издательство Мир и Образование», 2006. 896 с.