УДК 004 **Информационные технологии**

Льянов Тимур Бекханович, *НИЯУ МИФИ, ассистент кафедры НИЯУ МИФИ, Москва, Россия*

Древс Юрий Георгиевич, *доктор технических наук, НИЯУ МИФИ, профессор, Москва, Россия*

Денисов Алексей Игоревич, *инженер, ООО «Технологический центра Дойче Банка», Москва, Россия*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КРОВИ МЕТОДОМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Аннотация: В работе предлагается применение метода нечеткой логики для оценки водородного показателя крови pH на основе пяти гемодинамических показателей сердца. Приводятся примеры функций принадлежности и итоговые результаты расчетов. Их сравнение с данными лабораторных анализов обнаруживает достаточную точность метода.

Ключевые слова: нечеткая логика, водородный показатель крови, фазификация, функция принадлежности.

Abstract: the paper proposes the use of fuzzy logic method for estimating the blood hydrogen index pH based on five hemodynamic parameters of the heart. Examples of membership functions and final results of calculations are given. Their comparison with the data of laboratory analyses reveals sufficient accuracy of the method.

Key words: fuzzy logic, pH of blood, gazifikacia, membership function.

Водородный показатель pH - мера активности ионов водорода в растворе - один из важных показателей состояния человека. Отклонение показателя от нормы (от 7.37 до 7.41) является симптоматикой таких заболеваний сердечно-

сосудистой системы как инфаркт миокарда, миокардит, атеросклероз, гипертоническая болезнь, гипотоническая болезнь, перикардит и другие, а также заболеваний печени, кишечника, почек, мочевого пузыря, сахарного диабета и общего снижения иммунитета [1].

Величину водородного показателя pH крови измеряют в лабораториях при помощи pH-анализаторов; на его измерение уходит от 2 до 10 дней.

Доказано, что на показатель pH оказывают влияние гемодинамические показатели сердца человека: частота пульса, систолическое давление, диастолическое давление, среднее венозное давление и насыщение крови кислородом. Непосредственное определение показателя pH крови по пяти основным гемодинамическим показателям сердца человека может существенно ускорить этот анализ. Однако задача выполнения такого анализа затруднена из-за отсутствия достоверных зависимостей показателя pH от названных показателей.

Когда такие зависимости отсутствуют, можно указать не их количественные характеристики, а функции их принадлежности к тому или иному классу, после чего провести точный количественный расчет. Таким образом, речь идет о применении аппарата нечеткой логики для определения показателя pH [2].

Алгоритм применения метода имеет следующий вид (рис.1).

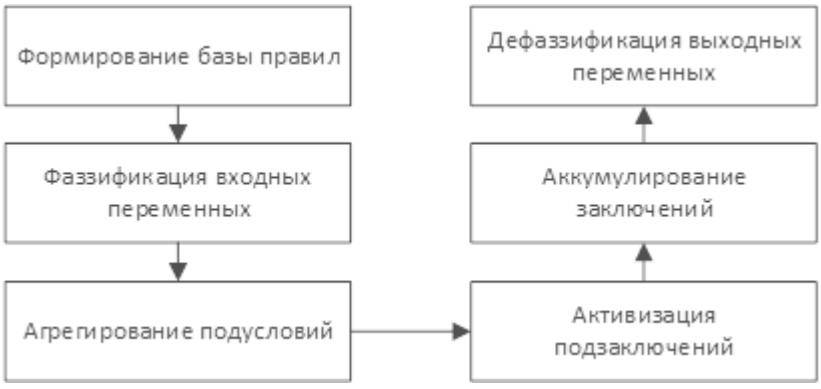


Рис.1. Алгоритм нечеткого вывода

База правил формируется специалистами предметной области в виде совокупности нечетких предикатных правил вида:

$П_i$: если *x* есть A_n, тогда *y* есть B_n.

Под фазификацией понимается введение нечеткости для входных переменных. Агрегирование – это применение операций конъюнкции или дизъюнкции к вычисленным значениям функций принадлежности, что приводит к модифицированным функциям принадлежности для каждого правила. После этого следует их композиция (аккумулирование) и в заключение – приведение к четкости (дефазификация) [3].

Обычно используются одна из типовых форм функций принадлежности: треугольная, трапецеидальная, гауссова и т.п., причем конкретный вид этих функций определяется значениями параметров, входящих в их аналитические представления. В данном случае по согласованию со специалистами предметной области были выбраны треугольная и трапецеидальная формы, вследствие чего исходные функции принадлежности приобрели следующий вид:

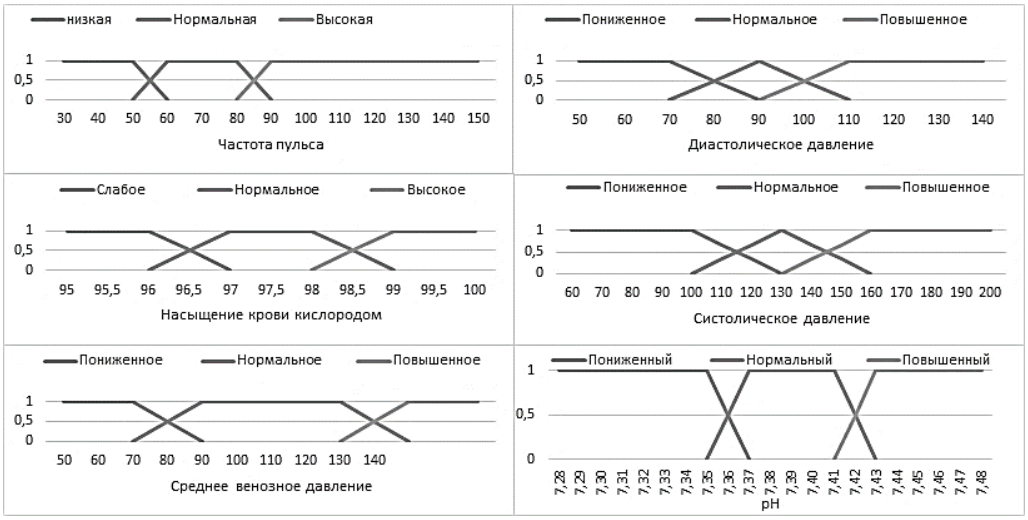


Рис. 2. Функции принадлежности основных гемодинамических параметров

Правила нечеткой базы знаний для определения показателя pH выглядят следующим образом:

«Если частота пульса низкая, систолическое давление пониженное, диастолическое давление пониженное, среднее венозное давление пониженное и насыщение крови кислородом слабое, то показатель pH повышенный».

На входе системы нечеткого вывода пять лингвистических переменных (n = 5), каждая из которых описывается тремя функциями принадлежности (k = 3). Таким образом, общее количество нечетких правил нечеткой базы знаний равно $k^n = 3^5 = 243$.

Нечеткая импликация чаще всего проводится по правилу *минимума*, когда каждая функция принадлежности «отсекается» по высоте, соответствующей вычисленной степени истинности α_i предпосылки i-го правила, что соответствует алгоритму Э. Мамдами [3].

При дефазификации находится четкое значение выходной переменной, например, с применением центроидного метода оно определяется как центр тяжести для переменной вывода w, т.е. для кривой $\mu_\Sigma(w)$:

$$w_0 = \frac{\int_{min}^{max} w\mu_\Sigma(w)dw}{\int_{min}^{max} \mu_\Sigma(w)dw},$$

где *min* и *max* — границы множества значений переменной вывода.

Результаты работы метода приведены в таблице.

Таблица 1. Результаты работы алгоритма нечеткой логики

Частота пульса уд/мин	49	50	55	58	64	65	80	85	89	98
Систолическое давление, мм рт. ст.	90	115	117	119	120	123	131	140	146	160
Диастолическое давление, мм рт. ст.	65	115	117	119	120	123	131	140	146	160
Среднее венозное давление, мм рт. ст.	58	68	70	77	89	91	119	133	134	162
Насыщение крови кислородом, %	95.5	95.6	96.5	96.7	97.7	97.8	97.9	98.3	98.8	99.1

pH	7.46	7.45	7.43	7.42	7.40	7.39	7.38	7.35	7.33	7.32
pH по результатам анализа	7.47	7.46	7.44	7.41	7.41	7.40	7.39	7.36	7.35	7.35

В последней строке содержатся данные лабораторных исследований. Как видно, они с достаточной точностью соответствуют результатам работы алгоритма нечеткой логики, что может служить рекомендацией для его широкого применения.

Библиографический список:

1. Антонов А.А. Гемодинамика для клиницистов / А.А. Антонов. – М.: Аркомикс-Профи, 2004.

2. Змитрович А.И. Интеллектуальные информационный системы / А.И. Змитрович. – Минск: ТетраСистемс, 1997.

3. Круглов В.В. Интеллектуальные информационные системы / В.В. Круглов, М.И. Дли. – М.: Физматлит., 2002.