

2. *Еськов В.М.* Введение в компартментную теорию респираторных нейросетей: Монография – М.: Наука, 1994.

*Доклад представлен к публикации членом редколлегии Ю.М. Перельманом*

*E-mail: [lenamishka@mail.ru](mailto:lenamishka@mail.ru)*

УДК 681.327.12.001.362

**Н.С. Безруков**, канд. техн. наук, **Е.Л. Еремин**, д-р техн. наук  
(Амурский государственный университет, Благовещенск),  
**В.П. Колосов**, д-р мед. наук, **Ю.М. Перельман**, д-р мед. наук, **Ю.Ю. Хижняк**  
(ДНЦ физиологии и патологии дыхания СО РАМН, Благовещенск)

## **СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КОНТРОЛИРУЕМОСТИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ**

Предложено две системы поддержки принятия решения для оценки контролируемости бронхиальной астмы по результатам суточной пикфлоуметрии. Первая система строится при помощи каскадной нейро-нечеткой сети, а вторая на основе линейного дискриминантного уравнения.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решения, дискриминантное уравнение, каскадная нейро-нечеткая сеть, контроль бронхиальной астмы, пикфлоуметрия.

### **Введение**

Бронхиальная астма (БА) – хроническое заболевание дыхательных путей, основным патогенетическим механизмом которого является гиперреактивность бронхов, обусловленная воспалением, а основным клиническим проявлением – приступ удушья вследствие бронхоспазма, гиперсекреции и отека слизистой оболочки бронхов.

Сравнение затрат, связанных с БА, в различных регионах позволяет сделать ряд выводов: затраты, связанные с БА, зависят от уровня контроля над заболеванием у конкретного пациента и эффективности предупреждения обострений; стоимость неотложной терапии выше, чем стоимость планового лечения [1]. Поэтому основной целью лечения БА должно быть достижение контроля – такого состояния, когда симптомы астмы и потребность в препаратах «скорой помощи» минимальны или отсутствуют, обострений нет или они крайне редки, функциональные показатели легких приближены к нормальным, а самое главное – астма в целом не ограничивает нормальную жизнь человека. Уровни контроля БА разработаны в международном программном документе [1]. В этой связи разработка способов оценки контролируемости течения БА является актуальной задачей.

При решении подобной задачи общепризнанным является использование аппарата математической статистики, так как состоятельность исследований и их результатов приобретает особую актуальность в связи с повсеместным распространением и принятием концепции «медицины, основанной на доказательствах» [2]. Однако статистика из-за присущих ей ограничений не всегда способна решить весь спектр научно-медицинских задач, тогда как на данный момент разра-

ботано большое количество вычислительных подходов, не имеющих данных ограничений, одни из них – интеллектуальные системы.

Одним из направлений применения интеллектуальных систем в медицине является создание на их основе систем поддержки принятия решений (СППР) для прогнозирования или диагностики заболеваний. Известно [3], что такие системы могут существенно ускорять и упрощать работу врача, помочь ему избежать собственных ошибок и правильно интерпретировать прогностические признаки. Поскольку СППР не может нести ответственность за полученное с ее помощью решение (вся ответственность за прогноз ложится на врача), считается, что система выступает только в качестве консультанта, следовательно, при ее использовании возникает проблема доверия врача к результату работы СППР [4]. Таким образом, важным условием создания СППР являются простота и понятность методов ее построения для врача. Этого можно добиться, используя по возможности различные статистические критерии, подтверждающие либо опровергающие выдвинутые врачом гипотезы.

В работе предлагаются две независимых системы поддержки принятия решения для оценки контролируемости бронхиальной астмы по результатам суточной пикфлоуметрии.

### **Построение системы оценки контролируемости бронхиальной астмы**

Единицей наблюдения при проведении исследования послужил 51 больной бронхиальной астмой, находившийся на диспансерном наблюдении в пульмонологическом кабинете МУЗ (городской диагностический центр г.Южно-Сахалинска). Наблюдение проводили в течение 395 дней, начиная с 1 сентября 2005 г.

Все пациенты были разбиты экспертом на две группы: первая – с контролируемым течением БА (8 больных) и вторая – с частично контролируемым и неконтролируемым течением (43 больных). Таким образом, с учетом количества наблюдаемых дней получили базы примеров размерами 3160 и 16590 соответственно.

Всем пациентам проводили ежедневные измерения пиковой скорости выдоха (ПСВ) посредством пикфлоуметрии на протяжении 13 месяцев в утренние и вечерние часы, до и спустя 30 минут после приема своего постоянного бронхолитика, с целью оценить бронхиальную реактивность.

При помощи статистических критериев (Хи-квадрат и Вилкоксона) подтверждали статистическую значимость следующих показателей для оценки контролируемости течения бронхиальной астмы: пиковой скорости выдоха утром (ПСВ<sub>у</sub>), пиковой скорости выдоха вечером (ПСВ<sub>в</sub>), реакции на бронхолитик утром (РУ), реакции на бронхолитик вечером (РВ), суточной вариабельности ПСВ (СВ).

Для расчета данных показателей использовали следующие формулы:

$$РУ = 100 \times (\text{ПСВ}_{\text{после}} - \text{ПСВ}_{\text{до}}) / \text{ПСВ}_{\text{до}}, \quad (1)$$

$$РВ = 100 \times (\text{ПСВ}_{\text{после}} - \text{ПСВ}_{\text{до}}) / \text{ПСВ}_{\text{до}}, \quad (2)$$

$$СВ = 100 \times (\text{ПСВ}_{\text{в}} - \text{ПСВ}_{\text{у}}) / 0,5 \times (\text{ПСВ}_{\text{в}} + \text{ПСВ}_{\text{у}}), \quad (3)$$

Первая и наиболее простая система поддержки принятия решения для оценки контролируемости БА строится на основе дискриминантного анализа.

В результате получаем интегральный показатель результатов суточной пикфлоуметрии для оценки контролируемости БА, определяющийся с помощью решения дискриминантного уравнения:

$$F=0.0071 \cdot \text{ПСВ}_y + 0.0057 \cdot \text{ПСВ}_в - 0.0386 \cdot \text{СВ} + 0.0043 \cdot \text{РУ} + 0.0023 \cdot \text{РВ}, \quad (4)$$

где  $F$  – дискриминантная функция, граничное значение которой составляет 4,56.

Неконтролируемое течение БА диагностируется при  $F$  меньше граничного значения, а при  $F$  больше 4,56 диагностируется контролируемое течение БА.

Результат работы системы представлен в форме гистограммы в относительных единицах на рис. 1, где темным столбцам соответствуют больные с неконтролируемым течением, а светлым – с контролируемым. Ошибка оценки системы для имеющихся данных составляет 28 %.

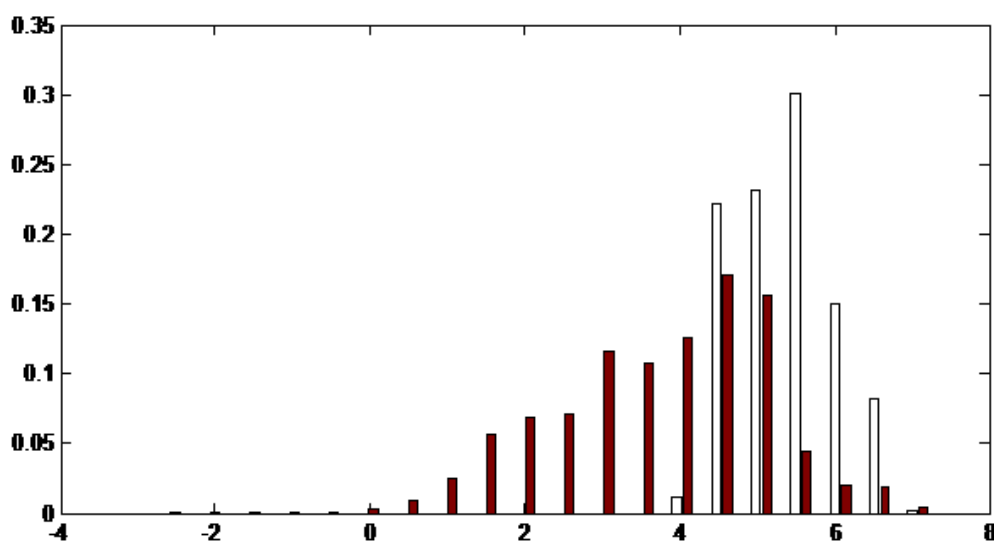


Рис. 1. Гистограмма классификации данных дискриминантной функцией.

Вторая, более сложная система поддержки принятия решения для оценки контролируемости БА строится на основе каскадной нейро-нечеткой сети в пакете «Medical Toolbox» [4].

Система оценки (рис.2) состоит из двух блоков: блока предобработки и блока нейро-нечеткого вывода. Блок предобработки реализуется в виде экспоненциальной функции для каждого входного сигнала и служит для обеспечения равнозначности преобразованных данных по диапазону и распределению. Блок предобработки обеспечивает принадлежность преобразованных данных единому диапазону (-1, 1) с равномерным распределением.

Блок нейро-нечеткого вывода (рис. 2) представляет собой сходящуюся древовидную структуру из трех слоев с узлами (на первом слое два узла, на втором – один и на третьем – один). В каждом узле находится гибридная сеть с архитектурой ANFIS. Гибридные сети имеют однотипную структуру и различаются значениями коэффициентов, которые определяются при обучении сети в программе.

По выходу блока нейро-нечеткого вывода оценивается состояние пациента – контролируемое или неконтролируемое течение болезни: если больше 0, то контролируемое, иначе – нет. Ошибка работы системы для обучающих данных составила 13,8%.

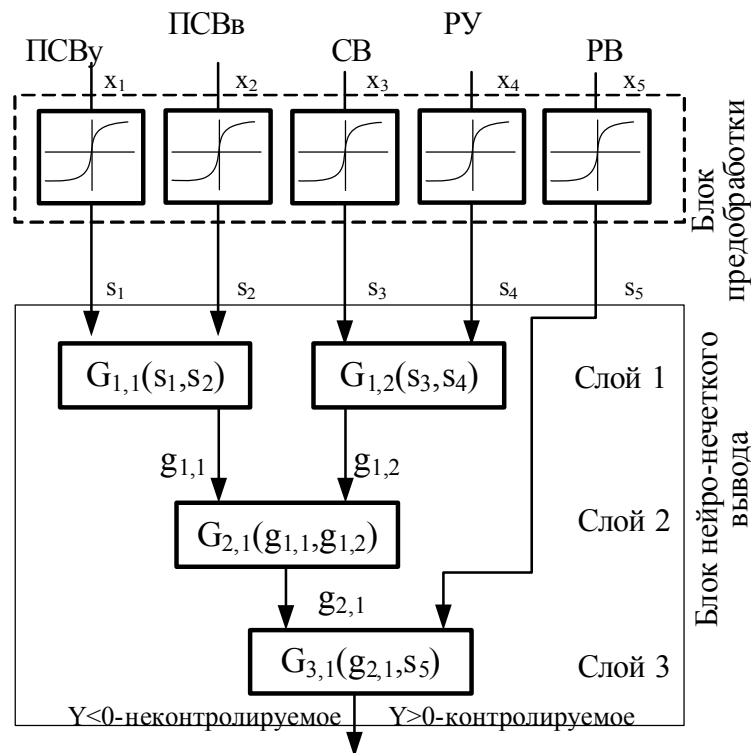


Рис. 2. Структура системы оценки контролируемости бронхиальной астмы на основе каскадной нейро-нечеткой сети.

Как и в первом случае, работу второй системы можно графически представить в форме гистограммы (рис. 3), где темным столбцам соответствуют больные с неконтролируемым течением, а светлым – с контролируемым.

Анализируя полученные системы, можно сделать ряд выводов. Основным достоинством первой системы является ее простота, для ее применения не нужно использовать какие-либо вычислительные средства, однако и ошибок у этой системы в два раза больше, чем у второй. Система с нейро-нечеткой сетью требует обязательного использования компьютера со специальным программным обеспечением.

### Заключение

В работе построено две системы поддержки принятия решения для оценки контролируемости БА по результатам суточной пикфлоуметрии. Первая, и наиболее простая система строится на основе линейного дискриминантного уравнения. Вторая, более сложная система – на основе каскадной нейро-нечеткой сети в пакете «Medical Toolbox».

Систему рекомендуется использовать для пациентов, проживающих в условиях муссонного климата Сахалина. Ее использование позволит оценивать дос-

тижение контроля течения БА и принять меры по адекватному лечению.

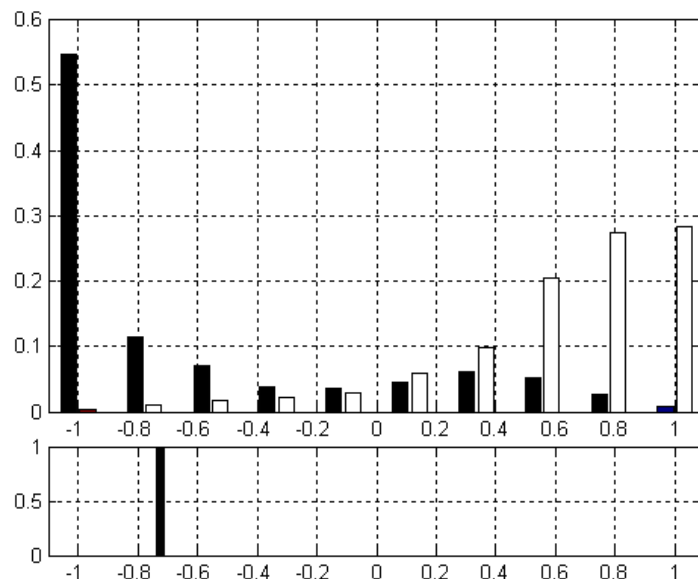


Рис.3. Гистограмма классификации данных системой на основе каскадной нейро-нечеткой сети.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глобальная стратегия лечения и профилактики бронхиальной астмы (пересмотр 2007) / под ред. А.Г. Чучалина. – М.: Издательский дом «Атмосфера», 2008.
2. Основы эпидемиологии и статистического анализа в общественном здоровье и управлении здравоохранением: Учеб. пособие для ординаторов и аспирантов. – М.: ММА им. И.М. Сеченова, 2003. URL: <http://www.publichealth.ru/docs/statistika.pdf>.
3. Нейроинформатика / А.Н.Горбань [и др.]. – Новосибирск: Наука, Сибирское предприятие РАН, 1998.
4. Безруков Н.С., Еремин Е.Л., Ермакова Е.В., Колосов В.П., Перельман Ю.М. Автоматизированная система «Medical Toolbox» для диагностики бронхиальной астмы по показателям реоэнцефалографии // Информатика и системы управления. – 2006. – №1 (11). – С.73-80.  
E-mail: [bezrukow@mail.ru](mailto:bezrukow@mail.ru).

УДК 615.47:681.2

**С.П. Желудько**

(Сибирский федеральный университет, Красноярск)

### **МОДУЛЬ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДВИЖНОСТИ (ЛАБИЛЬНОСТИ) ОРГАНИЗМА**

При мониторинге функционального состояния организма человека для корректной оценки необходимо совершенствовать методы контроля в нормальных и стрессовых ситуациях. Предлагается программный модуль оценки функциональной подвижности для АПК контроля функционального состояния организма (ФСО).