

УДК 615.47

**А.Б. Красковский, А.В. Носов, О.В. Шаталова**

**ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ  
ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ НА РИСК  
ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

*Рассмотрена взаимосвязь психоэмоциональной напряженности с риском развития психосоматических заболеваний, предложены методы построения моделей оценки риска, базирующихся на нейронных сетях.*

*Гомеостатические модели; психосоматика; нейронные сети; оценки рисков.*

**A.B. Kraskovskiy, A.V. Nosov, O.V. Shatalova**

**HOMEOSTATIC MODELS OF INFLUENCE OF PSYCHOEMOTIONAL  
STRESS ON THE RISK OF PSYCHOSOMATIC DISEASES**

*The work under consideration covers the interrelation of psychoemotional intensity with risk of development of psychosomatic diseases, the methods of construction of the risk-estimation models based on neural networks are introduced.*

*Homeostatic models; psychosomatic; neural networks; estimations of risks.*

Проблема психосоматического здоровья составляет значительную часть «болезней цивилизации», на протяжении последнего века являющихся объектом интенсивных исследований в рамках так называемой психосоматической медицины, ввиду возрастающей их роли в общей заболеваемости населения.

Современный человек, самосознание которого в связи с развитием цивилизации резко возросло, ежедневно переживает во много раз больше стрессовых ситуаций, чем его предки даже в недалеком прошлом. Все это вызывает перенапряжение функции жизненно важных систем организма человека – психоэмоциональную напряженность (ПН), он не в состоянии адаптироваться к ним, вследствие чего возникают соматические и психические расстройства.

Двумя основными группами психосоматических расстройств являются «большие» психосоматические заболевания, к которым относят ишемическую болезнь сердца, гипертоническую болезнь, язвенную болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, бронхиальную астму и некоторые другие, и «малые» психосоматические расстройства – невротические нарушения внутренних органов, или так называемые «органные неврозы» [1].

Основная формула психосоматической медицины, составляющая стержень ее теоретической концепции, имеет следующий вид:

$$B = f(a, b, c, d), \quad (1)$$

где  $B$  – степень развития болезни (принимает значения в промежутке от 0 до 100% (абсолютное здоровье и болезнь соответственно),  $f$  – функция от ряда факторов, например:  $a$  – наследственности;  $b$  – родовых травм;  $c$  – перенесенных в детстве органических заболеваний, усиливающих ранимость определенных органов;  $d$  – характер ухода за ребенком (грудное или искусственное вскармливание, туалет, сон и др.), а также неблагоприятный физический и психический опыт детства и юношества, эмоциональный климат семьи, особенности поведения братьев, сестер, позднее – физические нарушения.

Перечисленные факторы создают предрасположение к развитию того или иного проявления болезни, своеобразный "медицинский портрет" личности.

Существует большое количество концепций о причинах возникновения психосоматических расстройств, но основой возникновения всего их разнообразия считается эмоциональная перегрузка.

Трудности объективизации патологического процесса при многих формах психовегетативных расстройств приводят к тому, что эти больные не получают своевременную помощь очень долго. Это определяет важнейшую задачу – своевременную и правильную диагностику заболевания.

Для вынесения диагностического решения существуют различные методические пути получения данных. Хотя большинство специалистов в области психического здоровья используют психологические тесты, самый надежный метод, по мнению многих других [2], – диагностическая беседа (интервью). Но интервью имеет ряд существенных недостатков, таких как требование определенного уровня знаний интервьюера, невозможность удаленного прохождения исследования, возможные ошибки, связанные с человеческим фактором.

Для диагностики выявления риска появления психосоматических заболеваний используется множество известных диагностических опросников [3], содержащих в большинстве своем похожие по своей сути вопросы.

В процессе диагностики психосоматических расстройств приходится работать с малыми выборками, поэтому алгоритмы обучения не всегда приемлемы.

При решении задач медицинской диагностики, связанных с оценкой результатов, полученных с помощью методов основанных на опросах, эффективно используют диагностические модели, основанные на самообучающихся нейронных сетях, которые позволяют преодолеть вышеперечисленные трудности диагностики посредством интервьюирования.

Роль опросника при диагностике психосоматических заболеваний неоднородна, поэтому целесообразно использовать дублирование диагностических заключений в разнородных признаковых пространствах и гомеостатическое моделирование.

В качестве гомеостатической модели используется многослойная нейронная сеть прямого распространения, обучаемая согласно алгоритма обратного распространения. Каждый нейрон многослойной нейронной сети имеет нелинейную функцию активации. Эта нелинейная функция является гладкой (всюду дифференцируема), в отличие от жесткой пороговой функции Розенблатта. Форма функции – сигмоидальная, определяется логистической функцией

$$y_i = \frac{1}{1 + \exp(-v_i)}, \quad (2)$$

где  $y_i$  – выход нейрона,  $v_i$  – индуцированное локальное поле (взвешенная сумма всех синаптических входов плюс пороговое значение) нейрона  $i$  [4].

Формула (2) определяет число на выходе нейронной сети, интерпретируемое как уверенность в диагностируемом психосоматическом заболевании по результатам работы с данным опросником.

Уравнение (1) может быть представлено в виде системы уравнений

$$\begin{cases} B_1 = f_1(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_{n_1}^{(1)}), \\ B_2 = f_2(x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, \dots, x_{n_2}^{(2)}), \\ \dots \\ B_m = f_m(x_1^{(m)}, x_2^{(m)}, \dots, x_{n_m}^{(m)}); \end{cases} \quad (3)$$

где  $(x_1^{(j)}, x_2^{(j)}, \dots, x_{ni}^{(j)})$  – подпространство информативных признаков, в котором принимается решение о степени развития данного психосоматического заболевания.

Система уравнений (3) может быть представлена в виде множества гомеостатических моделей, каждой из которых соответствует многослойная нейронная сеть прямого распространения с выходом (2). Каждое уравнение из (3) определяет степень развития определенного заболевания по признаковому подпространству, номер которого определяется верхним индексом компонент вектора информативных признаков. Общий риск психосоматического заболевания  $RB$  является функцией частных рисков, т.е.

$$RB = \Psi(B_1, B_2, \dots, B_m). \quad (4)$$

Для построения гомеостатической модели, отражающей уравнения (3) и (4) можно воспользоваться структурой нечеткой нейронной сети, представленной на рис. 1.

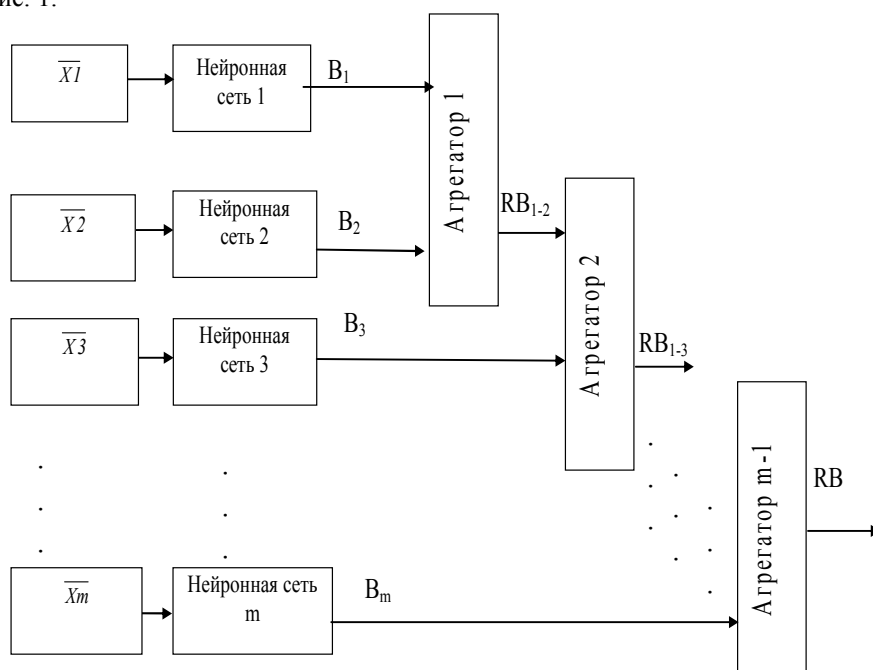


Рис. 1. Структурная схема гомеостатической модели на основе многослойных нейронных сетей прямого распространения

Эта модель позволяет объединить частные риски развития психосоматических заболеваний (3) в общий риск (4). Общее решение получается путем агрегации частных решений, при этом каждому частному решению соответствует своя гомеостатическая модель, полученная на основе нейросетевого моделирования.

Агрегацию можно осуществить посредством правил четкой или нечеткой продукции, объединяющих решения уравнений (3), в зависимости от того, четкими или нечеткими числами интерпретируются выходы нейронных сетей  $B_1 \dots B_m$ . Этот способ не предусматривает обучение нечеткой сети, выполненной на агрегаторах  $1 \dots m-1$ . В этом случае при составлении правил четкой или нечеткой про-

дукции следует полагаться на мнение эксперта об эффективности решений, принятых в признаковых подпространствах  $\overline{X_1} \dots \overline{X_m}$ .

В случае, если априорные данные о работе частных решающих правил отсутствуют, целесообразно синтезировать агрегаторы на основе обучающей выборки или обучающих выборок. Агрегатор реализуется посредством комбинации двухвходовых нечетких операций. Оптимальная комбинация находится с помощью генетического алгоритма [5]. Этот способ приемлем, если число частных решений не превышает шести. В противном случае процесс получения нечеткой функции затягивается на недопустимое время. Поэтому в схеме, предложенной на рис. 1, используется другой подход агрегации частных решающих правил (3). Принципиальное отличие схемы агрегации, представленной на рис. 3, от схемы агрегации, реализуемой генетическим алгоритмом и рассмотренной в (5), состоит в том, что в этой схеме доступны выходы  $RB_{1-i}$  и тем самым мы имеем возможность настроить (обучить) каждый двухвходовый агрегатор отдельно.

Так как закон коммутативности не выполняется для каждой пары нечетких операций, т.е. результат обучения, а следовательно, и общее решающее правило будет зависеть от способа упорядочения признаковых подпространств на входе сети рис. 1, то желательно признаковые подпространства упорядочить по убыванию релевантности.

Предложенные гомеостатические модели на основе нейронных сетей позволяют обучать нейронные сети на непредставительной выборке классифицированных исходов, предложенных экспертами. Обученные нейронные сети безошибочно классифицируют предъявленные примеры. Рассмотренные методы позволяют эффективно решать задачу оценки влияния психоэмоциональной напряженности на риск психосоматических заболеваний.

Статья подготовлена по результатам НИР по проблеме «Прогнозирование функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека на основе многомерного спектрального анализа данных мониторинга акустических и электрофизиологических процессов жизнедеятельности, осуществляемого посредством микроминиатюрных датчиков и мобильных средств связи», выполняемой в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Урываев Ю., Бабенков Г.* Психосоматические расстройства. – М., 1981. – С. 7.
2. *Кулаков С.* Основы психосоматики. – СПб., 2003. – С. 176.
3. *Иванов Н.Я., Личко А.Е.* Патохарактерологический диагностический опросник: Методическое пособие. Вып. 10. – М., Фолиум, 1995. – 64 с.
4. *Осовский С.* Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
5. *Филист С.А., Корневский Н.А., Черных Е.С.* Автоматизированная система диагностики анемий на основе нечеткой логики принятия решений и алгоритмов генетического типа // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. XIII, № 2. – С. 24-28..

**Красковский Антон Борисович**

**Носов Алексей Викторович**

**Шаталова Ольга Владимировна**

Курский государственный технический университет.

E-mail: rector@swsu.ru.

305004, г. Курск, ул. Челюскинцев, 19, корп. Б.

Тел.: 84712587098.

**Kraskovskiy Anton Borisovitch**  
**Nosov Alexey Victorovitch**  
**Shatalova Olga Vladimirovna**  
Kursk State Engineering University.  
E-mail: rector@swsu.ru.  
19, Cheluskintsev street, building B, Kursk, 305004, Russia.  
Phone: +74712587098.

УДК 612.087:616.7

**П.А. Кручинин**

**О МОДЕЛЯХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИЗМЕРЕНИЙ  
В БИОМЕХАНИКЕ\***

*Обсуждаются вопросы учета погрешностей измерительных датчиков в системах анализа движения человека. Приведены примеры моделей погрешностей измерителей, учитывающие особенности их использования в задачах биомеханики.*

*Комплексная обработка измерений; модель погрешностей.*

**P.A. Kruchinin**

**ERROR MODELING IN BIOMECHANICS DATA PROCESSING**

*The problem of sensors errors modeling in the human motion analysis measurement systems is discussed. The instance of the sensor error models with biomechanical particularity is shown.*

*Integrity of data processing, error model.*

В настоящее время экспериментальные методы в биомеханике активно используют различные виды измерений. Широкое распространение получили системы видеонализа, силовые платформы, акселерометры, датчики угловой скорости и прочие. Каждый вид измерений в отдельности имеет ограничения и погрешности, которые часто затрудняют анализ движения и не позволяют корректно оценивать параметры движения, например, мышечные усилия. Часто показание сенсора не имеет непосредственного контакта с движением испытуемого. Характерные параметры движения вычисляются на основании той или иной математической модели. Исследователь имеет опосредованную информацию о движении. Эти особенности следует учитывать при последующем анализе движений с использованием моделей и при совместной обработке избыточного набора измерений [1-3]. Опыт такой обработки [2-3] показал, что для повышения точности используемая модель движения испытуемого должна описывать погрешности измерений. Обсудим некоторые характерные модели функционирования для распространенных видов датчиков и погрешности, возникающие при использовании математических моделей движения человека в ходе обработки измерительной информации.

**Модель погрешностей при стабิโลграфических исследованиях.** Одним из популярных средств исследования движений человека, связанных с удержанием им вертикальной позы, является силовая платформа и её упрощенный одноосный вариант – стабิโลграф. Основным выходом стабิโลграфа являются значения вектора реакции опоры на стопы испытуемого (или вектора давления) и координаты проекции центра давления на плоскость опоры [4]. Рассмотрим простейший слу-

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 09-01-00809).