

О.М. Гергет, Т.С. Кривоногова

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ С УЧЕТОМ  
ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ\***

Актуальность комплексной оценки состояния здоровья человека с учетом влияния факторов внутренней среды помещений не вызывает сомнения. Важность внутренней среды помещений для развития аллергии основывается как на впрямую доказанной зависимости (например, пылевые клещи), так и на косвенных указаниях (например, месяц рождения ребенка). Огромное значение в связи с аллергическими заболеваниями дыхательных путей детского и взрослого населения имеет качество воздуха. Знания о том, какие аллергены имеют наибольшее значение, с чем связано их появление, играют огромную роль при оценке состояния здоровья организма человека и выборе оптимальной программы лечения. В связи с этим особый интерес представляет:

1. Создание многофункциональных математических моделей, ориентированных на исследование особенностей организма человека: начиная с поиска закономерностей в сложных процессах и заканчивая решением задач дифференциальной диагностики.

2. Разработка интеллектуальной системы для экспресс-оценки состояния здоровья с учетом влияния внешних факторов и коррекции состояния организма, реализующей алгоритмы выявления закономерностей в знаниях и принятия решений.

На первом этапе работы изучен количественный и качественный состав микобиоты жилых помещений в г. Томске и Томской области. Полученные данные об обсемененности воздуха жилых помещений плесневыми грибами представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав микобиоты воздушной среды обследованных жилищ в Томске и Томской области

Выделенные грибы	Частота обнаружения в концентрации более 100 конидий в 1 м <sup>3</sup> воздуха, %
<i>Penicillium spp.</i>	48,28
<i>Aspergillus spp.</i>	28,12
<i>A.versicolor</i>	5,3
<i>A.niger</i>	13,0
<i>Cladosporium spp.</i>	5,3

Наиболее частыми контаминантами воздуха и поверхностей стен и потолков внутри помещений были грибы из родов *Penicillium* и *Aspergillus*. Реже встречались грибы из родов *Cladosporium*, *Stemphylium*, *Rhizopus*, *Alternaria*. В 5 квартирах бумажные обои были поражены токсигенным грибом *Stachybotris chartarum*. В составе семей жильцов обследованных помещений были страдающие заболеваниями дыхательных путей. В связи с этим на основе математических методов была проведена оценка состояния здоровья организма человека до и после проведения бактерицидной защиты препаратами «Тефлекс» (препараты «Тефлекс» обладают сильным антимикробным действием и являются одними из чистых препаратов. Исследования препаратов «Тефлекс» проводились: Санкт-Петербургской

\* Работа поддержана РГНФ, проект № 07-06-12-143 в.

государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова; НИИ «Центр экологической безопасности» РАН).

На основе полученных результатов была высказана гипотеза о том, что существует взаимосвязь между внутренней средой помещений и респираторными нарушениями. С целью проверки данной гипотезы была построена таблица сопряженности, характеризующая связь между вредными факторами внутренней среды помещений и наиболее характерными респираторными заболеваниями. Полученные результаты свидетельствуют о наличии взаимосвязи между: микроорганизмами и плесневыми грибами или агентами их происхождения, типа глюкозидов, эндотоксинов и возникновением астмы; «сырыми» помещениями и дыханием «с присвистом» и аллергией взрослого населения.

Второй этап исследования был направлен на решение задач, связанных с разработкой математических методов, позволяющих выявить закономерности реакции организма человека на условия жизнедеятельности, которые могут быть использованы в качестве адаптационных характеристик; принимать диагностические решения.

Оценка состояния организма человека проводилась на основе информационного критерия. Использовался подход, предложенный Н.В. Бокучава и Г.В. Мамасахлисовым в работе [1], а именно, рассмотрение информационной меры Кульбака как меры предпочтительности поведения биообъекта:

$$I = \sum_{j=1}^n P_0(x_j) \ln \frac{P_0(x_j)}{P_1(x_j)},$$

где  $n$  – количество «существенных» признаков.  $P_0(x_j)$  – вероятность, характеризующая «предпочтительную» вероятность состояния, т. е. случай, когда отклонение  $j$  переменной от физиологической нормы равно 0. Что касается понятия «нормы», то следует отметить, что не существует однозначного понятия, приемлемого всюду. По мнению И.И. Шмальгаузена, следует различать два понятия нормы – «норма реакции» и «адаптивная норма». При оценке состояния здоровья человека в условиях влияния факторов внешней среды (адаптационных возможностей) в качестве «эталонного» состояния объекта принято состояние, при котором значения всех переменных равны среднестатистическим значениям (для однородных групп обследуемых).

Вероятность того, что значение признака  $x_j$  соответствует «норме»  $P_1(x_j)$ , вычисляется как

$$P_1(x_j) = P(|X - a| < \delta) = 2\Phi\left(\frac{\delta}{\sigma}\right) - 1, \quad (1)$$

где  $a$  – математическое ожидание признака  $x_j$ ;  $\delta$  – величина отклонений текущего значения  $x_j$  от  $a$ ;  $\sigma$  – дисперсия признака  $x_j$ ;  $\Phi$  – функция Лапласа.

В выражении (1) вероятность  $P_0(x_j)=1$ , поскольку в качестве «предпочтительного» состояния объекта принимается состояние, при котором отклонение  $\delta=0$ , следовательно:

$$P_0(x_j) = 1 - \left[ 2\Phi\left(\frac{0}{\sigma}\right) - 1 \right] = 2 - 2\Phi(0) = 1.$$

Отсюда выражение (1) преобразуется к виду

$$I = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \ln \frac{1}{P_1(x_j)}. \quad (2)$$

Данный критерий позволяет оценить степень отклонения текущего состояния объекта от «предпочтительного», т. е. отражает индивидуальные адаптационные возможности человека. Таким образом, имеем интегральную оценку адаптационных возможностей человека. При этом мы исходим из следующих принятых положений: если измеряемые параметры изменяются случайно, причем не наблюдается никакой закономерной тенденции,

то система практически не изменяет своего состояния и информационные показатели не превышают заданного уровня. Если влияние внешней среды или условий пребывания организма приводят к изменению состояния, то информационные показатели превысят принятый исходный уровень тем больше, чем сильнее изменения состояния системы.

Оценивая адаптационные возможности, необходимо учитывать, что организм под действием вредных факторов внешней среды претерпевает изменения. Однако интегральная оценка в виде (2) оценивает только суммарное отклонение всех количественных признаков, измеренных однократно в некоторый момент времени. Если исследовать изменения этих значений за некоторый период времени, то полученную дискретную функцию можно рассматривать как некоторую адаптационную характеристику организма человека. Полученные результаты позволяют: наглядно представить процесс, связанный с изменением состояния здоровья человека; провести экспресс-оценку состояния здоровья человека; своевременно разработать корректирующую программу.

Интеллектуальная система состоит из целого комплекса программных компонент, которые реализованы с использованием языка C++ в среде быстрой разработки приложений C++ Builder. Выбор языка программирования обусловлен наличием широких возможностей, поддержкой адресной арифметики и богатой библиотеки функций. Среда C++ Builder относится к системам RAD (Rapid Application Development), обладает удобным визуальным дизайном, а интегрированная библиотека визуальных компонент VCL (Visual Component Library) позволяет существенно сократить время разработки приложений. Для реализации основных функций математического аппарата была разработана специальная библиотека C++ классов, поддерживающая функциональный базис системы.

Комплексность решаемых задач обусловила организацию программных компонент системы в виде иерархической модульной структуры, допускающей наращивание возможностей и изменение архитектуры системы путем добавления, замены или удаления отдельных программных модулей.

Использование матричной модели для представления информации при решении задач поиска закономерностей в сложных процессах и принятия решения предопределило целесообразность создания баз данных и знаний табличного типа. Для обеспечения целостности предусмотрена парольная защита от несанкционированного доступа.

Разработанное программное обеспечение построено по модульному принципу и включает в себя 4 отдельных модуля, реализующих функции: формирование базы знаний, оценка адаптационных возможностей организма человека, принятие решения, визуализация результатов исследования. Программа реализована в виде многостраничного диалогового окна, каждая вкладка которого представляет собой один функциональный модуль.

Первый модуль предназначен: для формирования на основе экспериментальных данных базы знаний, включающей описание структуры знаний и множество описаний объектов; реализации основных функций работы со знаниями (выборка, сортировка, информационный поиск), поддержки системы эталонных значений адаптационных кривых; защиты информации в базе знаний от некорректных действий пользователя. Результатом работы второго модуля является определение (классификация) типа реакции организма на внешние воздействия на основе информационных критериев с учетом динамики показателей. Результаты, полученные данным модулем, используются для формирования экспресс-оценки и выработки корректирующей программы. Третий модуль включает в себя следующую последовательность функций: построение решающих правил, на основе процедуры голосования, указание требуемой точности распознавания, формирования итогового решения в виде списка основных и сопутствующих диагнозов, указывая вероятность проявления каждого из них. Четвертый модуль предназначен для наглядного отображения информации: визуальной оценки адаптационных возможностей организма человека под влиянием вредных факторов внешней среды, формирования итогового решения, и, при

необходимости, печати в твердой копии.

Интерес к внутренним средам помещений связан с растущим осознанием важности воздействия негативных факторов внешней среды на человека и тем, что в то же время невозможно объяснить все существенные изменения, которые произошли в области здоровья населения, за счет изменения во внешней атмосфере. Представленный в статье подход к оценке состояния здоровья, основанный на информационном критерии, является универсальным и позволяет выявить общие для различных стрессорирующих факторов закономерности формирования адаптивного состояния человека.

Апробация интеллектуальной системы на реальных данных показала, что качество решения по вышеизложенному алгоритму удовлетворяет требованиям практического эколога и врача. Данная система позволяет, оценив опыт квалифицированных специалистов-экспертов, выдать рекомендации для проведения дополнительного обследования помещений, а также на основе полученных данных даст возможность оперативно оценить состояние здоровья человека и скорректировать программу лечения.

Дальнейшие исследования связаны с совершенствованием способов задания нечеткого описания объектов исследования и развития процедур коллективного принятия решения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бокучава Н.В., Мамасахлисов Г.В. К вопросу применения методов термодинамики и информационной статистики в биологии // Сообщения АН ГССР. – 1985. – Т.118. – №1. – С. 65–68.

УДК 004.9

**О.Г. Берестнева, О.В. Марухина, Р.Г. Добрянская, К.А. Шаропин**

#### **АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСХОДА БЕРЕМЕННОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ\***

На сегодняшний день доказано, что психогенные факторы способствуют нарушению биологической готовности к родам, возникновению родовых травм у новорожденных, а чрезмерно нервно-психическое напряжение приводит к аномалии родовой деятельности [1, 2]. Однако исследований по изучению поведенческой реакции беременных женщин и их влияния на исход родов явно недостаточно.

Авторами была разработана и внедрена в опытную эксплуатацию информационная система мониторинга психофизиологического состояния беременных женщин [3].

Женщинам, планирующим рождение первого ребенка, было предложено пройти психологическое обследование, на которое согласились 1160 женщин, вставших на учет к акушеру-гинекологу. На основании полученных результатов была сформирована база данных в MS Access, которая впоследствии была дополнена данными о исходах беременности для данной группы женщин. Таким образом, была сформирована обучающая выборка, т.е. было выделено два диагностических класса в соответствии с исходом беременности:  $A_1$  – срочные роды без осложнений;  $A_2$  – наличие осложнений в родах или выкидыш.

Наличие обучающей выборки позволило построить дополнительные прогностические критерии исхода беременности, в дополнение к полученным ранее [4–7]. Были получены количественные показатели информативности имеющегося набора психологических