

были привлечены 300 студентов 5–6 курса Курского госмедуниверситета и 100 студентов 3–5 курсов Курского ГТУ. Объем выборки больных (хронический тип течения заболевания) составил 180 человек. Возраст больных сопоставим с возрастом контрольной группы. Данные по группе больных были получены из архивов Курской областной психиатрической больницы и в психосоматической лаборатории Курского госмедуниверситета. Качество классификации в СППР оценивалось по показателям чувствительности и специфичности.

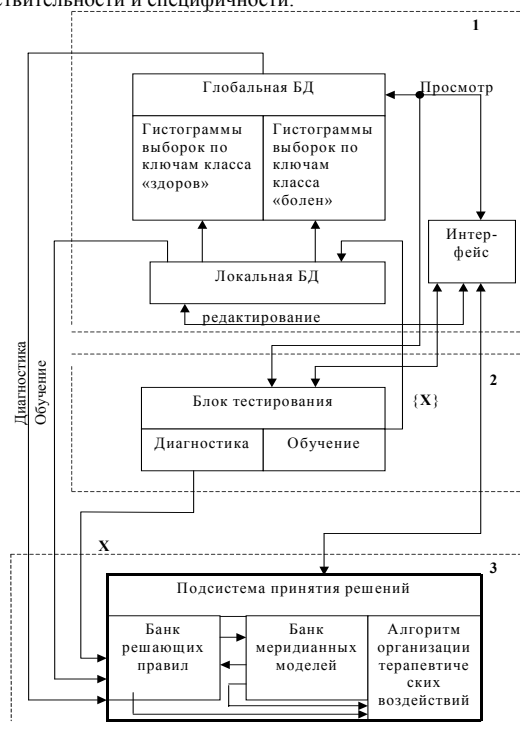


Рис. 3. Структурная схема СППР при диагностике шизофрении

Чувствительность предложенного метода на контрольной выборке составила 0,833, а специфичность – 0,86. На той же самой выборке дискриминантный анализ показал чувствительность 0,58, а специфичность 0,69.

#### Литература

1. Китаева А.Г., Королева С.А. // Распознавание- 2003: Сб. мат-лов 6-й Межд. конф.: В 2-х ч. – Ч.2. – Курск: КурскГТУ, 2003. – С. 304–306.
2. Уварова А.Г. и др. // Биотехнические системы в XXI веке: Мат-лы конф. – СПб, 2004. – С. 70–72.
3. Филлист С. и др. // VII Межд. научно-техн. конф. «Меди-ко-экологические информтехнологии». – Курск, 2004. – С. 42.

УДК 577.38:681.3.06

СИНТЕЗ НЕЧЕТКИХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ РЕФЛЕКСОДИАГНОСТИКИ

О.И. ДРОЗДОВА\*, А.М. ФЕДУЛОВА\*\*, Д.В. ХОДЕЕВ\*\*\*

Процент кожно-венерологических заболеваний остается высоким. Работы по профилактике и лечению кожных заболеваний проводятся в ряде направлений: разработка методов и средств ранней и дифференциальной диагностики заболевания, что позволит обеспечить рациональное планирование профилактических и терапевтических процедур; разработка новых эффективных лекарственных препаратов; использование методов и средств физиотерапии. Роста эффективности лечебно-оздоровительных процедур при лечении заболеваний, включая и

патологию кожных покровов, можно ожидать при использовании комбинированных методов терапии, сочетающих медикаментозные и физиотерапевтические методы лечения, находящиеся под управлением методических и технических средств, использующих математические методы и информационные технологии [2, 6, 8]. Исследования, проведенные на кафедре биомедицинской инженерии, по прогнозированию и диагностике таких заболеваний, как atopический дерматит, акне, розацеа и др. показали, что используемые для прогнозирования и диагностики факторы риска и информативные признаки носят нечеткий характер, а классы не имеют четко выраженных границ. В соответствии с рекомендациями [3, 5, 7] в качестве основного математического аппарата целесообразно использовать теорию нечетких множеств наряду с методами разведочного анализа [3].

В качестве единого способа описания признаков были выбраны функции принадлежности  $\mu_Y$  двух типов: кусочно-линейного и квадратичного, хорошо зарекомендовавших себя [5]. Рассматривая функции принадлежности с носителями, строящимися на факторах риска и информативных признаках как частные коэффициенты уверенности в принимаемых решениях, был предложен метод синтеза комбинированных правил классификации кожных заболеваний, когда общие решающие правила строятся с использованием методов разведочного анализа, позволяющих исследовать многомерные структуры данных.

1. Для коэффициентов уверенностей  $KY_{\omega l}$  определяемых своими функциями принадлежности к классу (стадии)  $\omega l$

$$KY_{\omega l} = \mu_{\omega l}(Y) \quad (1)$$

2. Для линейно разделимых классов в качестве носителя рекомендуется использовать выражение

$$Y = \sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \cdot x_{ik} \quad (2)$$

где  $x_{ik}$  – i-q признак в подпространстве с номером  $k(i=1, \dots, n; k=1, \dots, K)$ ;  $\alpha_{ik}$  – настраиваемые параметры, ориентирующие гиперплоскость 2.1 в подпространственные с номером  $k$  по критерию, минимизирующему ошибку классификации;  $Y$  – переменная величина, пропорциональная расстоянию от начала координат до гиперплоскости 2.1. Коэффициент уверенности для линейно-разделимых классов определяется выражением (1).

3. Для кусочно-разделимых классов  $KY_{\omega l}$  определяется системой правил 1 с использованием носителей (2).

4. Если частные коэффициенты уверенностей по подпространствам  $k$  равноправны по роли в диагнозе, общий коэффициент уверенности

$$KY_{\omega l} = \frac{1}{R} \sum_{k=1}^K KY_{k, \omega l} \quad (3)$$

где  $R$  – нормирующий множитель, определяющей максимально допустимое значение  $KY_{\omega l}$  для решаемого класса задач.

5. Если определяемый  $KY_{\omega l}$  растет по мере построения новых фактов, не превышая единицы

$$KY_{\omega l}^* [q+1] = KY_{\omega l}^* [q] + KY_{\omega l}^* [t] (1 - KY_{\omega l}^* [q]), \quad (4)$$

где  $q$  – номер итерации в расчетах  $KY_{\omega l}^* [t]$  – уверенность в  $\omega l$  от вновь поступающего фактора (признака, свидетельства) с номером  $t$ , в качестве которой может быть использована  $\mu_{\omega l}(Y)$ .

7. Для  $KY_{\omega l}$ , определяемого как пересечение частных правил

$$KY_{\omega l} = \min \{ \mu_{j, \omega l}(Y) \}, \quad (5)$$

где  $j$  – номер частного решающего правила с возможной заменой  $\mu_{j, \omega l}$  на  $KY_{j, \omega l}$ .

8. Для  $KY_{\omega l}$ , определяемого как объединение частных правил

$$KY_{\omega l} = \max \{ \mu_{j, \omega l}(Y) \} \quad (6)$$

9. В правилах продукционного типа  $KY_{\omega l}$  определяется логическим выражением типа

$$\text{ЕСЛИ } Q \text{ ТО } KY_{\omega l} = A \text{ ИНАЧЕ } B, \quad (7)$$

\* 308036 Белгород, ул. Литвинова 97, Белгородский облкожвендиспансер

\*\* 305000 г. Курск, ул. Димитрова 62 ГУЗ «ОККВ/Д».

\*\*\* 305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94, КГТУ

где Q – логическое условие по выбранному фактору (информативному признаку); A и B – числовые значения  $KV_{\text{от}}$ .

Комбинируя приведенные выше формулы в соответствии со структурой данных, нужных для прогнозирования и диагностики кожных заболеваний, синтезируется многоуровневая система поддержки принятия решений, способная решать задачи любой сложности. В качестве информативных признаков для прогнозирования кожных болезней надо использовать электрические характеристики БАТ, связанных с заболеваниями кожи. Абелевания кожи весьма широко представлены на меридианных и внемеридианных структурах, образующих разветвленную энергоинформационную сеть, которая поддерживает требуемые режимы органов и систем человека, включая его кожный покров. Работа с атласами меридианов показала, что с заболеваниями кожи связана группа БАТ, находящихся на различных меридианах, включая точки: P(P7, P11); GI(GI11, GI15, GI20); E(E32); V(V11, V12, V17V20, V40); MC(MC8); VB(VB30, VB31, VB41); F(F5, F10, F11); VG(VG1, VG7, VG28); VC(VC1, VC7); TC(TC9, TC19) [1]. При этом рекомендована рефлексодиагностика и рефлексотерапия по классам кожных заболеваний: X01 – кожные заболевания, сопровождающиеся зудом (P7); X02 – кожные сыпи (P11); X03 – зуд (P11, VB30, F5); X04 – крапивница (GI11, E32, V11, V12, V17, V20, TC9, TC19); X05 – экзема (GI11, VB30, NC19); X06 – нейродермит (GI11); X07 – кожные сыпи аллергического характера (GI15); X08 – воспаление и зуд кожи лица (GI20); X09 – аллергии (V40, VB41); X10 – экзема на кистях (MC8); X11 – зудящие дерматозы (VB31); X12 – экзема в промежности (F10); X13 – зуд половых органов (F11, VC1, VC7); X14 – зуд в промежности (F10); X15 – хейлит (VG27); X16 – зуд век (VG28). При решении конкретных задач диагностики рекомендуется, используя методы синтеза меридианных моделей и выбора информативных БАТ, изложенные в [4, 6] определить диагностически значимые точки (ДЗТ). При решении задач диагностики по энергетическим характеристикам БАТ в качестве носителей функций принадлежности надо использовать текущие величины относительных отклонений электрических сопротивлений БАТ от номинала с учетом времени измерения  $\delta R(A_j)$ . Здесь A – имя меридиана по его французской классификации; j – номер БАТ в списке меридиана A. Расчет уверенности в решении ведется по приведенным выше формулам тогда, если для всех БАТ из группы ДЗТ их электрическое сопротивление превышает определенное в процессе обучения пороговое значение.

Метод синтеза решающих правил использован для лечения акне и розацеа. В качестве объекта исследования были выбраны 130 человек, условия жизни которых и индивидуальные привычки создают высокий риск появления розацеа, и 245 лиц, имеющих розацеа. В качестве контроля были отобраны 110 здоровых студентов КГТУ с низким уровнем риска появления розацеа и 150 лиц, страдающих другими видами кожных заболеваний (кроме угревой сыпи), 65% обследуемых были женщины.

Для выбора информативных БАТ и для схем рефлексотерапии построены меридианные модели для меридианов легкого (P) и мочевого пузыря (V), куда выводятся точки, связанные с кожными заболеваниями. Анализ этих моделей позволил в качестве информативных выбрать точки P7, P9 и V40. Для них построены функции принадлежности к классу «риск возникновения розацеа» –  $\mu_{\text{от}}(\delta R_{P7})$ ,  $\mu_{\text{от}}(\delta R_{P9})$  и  $\mu_{\text{от}}(\delta R_{V40})$ , где  $\delta R$  – означает, что в качестве носителя используется величина относительного отклонения сопротивления БАТ от номинала. Общая уверенность в классе  $\omega_R$  – риск возникновения розацеа определяется формулой (3). В итоге экспертной оценки и моделирования показано, что частный коэффициент уверенности  $KV_{\text{БАТ}}$  от использования электрических характеристик БАТ в качестве подгруппы информативных признаков обеспечивает уверенность в классе  $\omega_R$  на уровне 0,31, что является «добавкой» в  $KV_{\text{от}}$ , определяемой по информативным признакам, которые будут определены далее.

Прогнозирование розацеа рассматривалось как разделение обследуемых на два класса:  $\omega_0$  – риск появления розовых угрей отсутствует;  $\omega_1$  – существует риск заболевания в течение ближайших 3-х лет. Сформулирован перечень информативных признаков, влияющих на риск появления розовых угрей – класс  $\omega_1$ . В этот перечень вошли признаки:  $x_1$  – пребывание на открытом солнце в % за квартал;  $x_2$  – фототип;  $x_3$  – экзогенная солнцеза-

щитная протекция в % от нахождения на солнце;  $x_4$  – эндогенная солнцезащитная протекция (лекарственными препаратами) в % приема за год;  $x_5$  – прием алкоголя не менее 65 мл в пересчете на спирт в календарном месяце, при однократном приеме в сутки;  $x_6$  – табакокурение в суточной дозе никотина и его аналогов из расчета содержания никотина в одной сигарете 0,9 мг;  $x_7$  – риск от приема горячей пищи ( $>60^\circ\text{C}$ ) и приема специй и пряностей;  $x_8$  – загар в солярии по числу посещений в квартал;  $x_9$  – число посещений сауны в квартал;  $x_{10}$  – возраст женщины  $>30$  лет;  $x_{11}$  – возраст мужчины  $>30$  лет;  $x_{12}$  – наличие у пациента H.Pylori;  $x_{13}$  – устойчивое эмоциональное напряжение в анамнезе.

Используя каждый из признаков (за исключением  $x_{13}$ ), как носитель функций принадлежности, эксперты в области дерматологии и рефлексотерапии (3 врача-специалиста, 2 кандидата и 3 доктора медицинских наук) под руководством инженера построили функции принадлежности к классу  $\omega_1$ . Далее по формулам (1÷6) были определены частные коэффициенты уверенности в  $\omega_1$  воздействия:  $KV_S$  – солнца без солнцезащитной протекции;  $KV_{SU}$  – солнца с солнцезащитной протекцией;  $KV_{AL}$  – алкоголя;  $KV_K$  – курения;  $KV_{PP}$  – приема пищи;  $KV_{SOL}$  – источников света в солярии;  $KV_{SA}$  – сауны;  $KV_W$  – возраста;  $KV_{H.P}$  – H.Pylori. Степень влияния эмоционального напряжения на риск появления розацеа определялась по группе признаков в составе: количество баллов по шкалам психологических тестов Айзенка, Тейлора и Спилберга с частным коэффициентом уверенности в классе  $\omega_1 - KV_{\omega_1}^T$ ; относительное отклонение сопротивлений БАТ R8, VB20 и P9, связанных с эмоциональной сферой, от их номинальных значений с частным коэффициентом уверенности  $KV_{\omega_1}^{B3}$ ; индекс функциональных изменений с частным коэффициентом уверенности  $KV_{\omega_1}^H$ . Частный коэффициент уверенности в  $\omega_1$  от наличия у обследуемого стойкого эмоционального напряжения определяется выражением  $KV_{\omega_1}^{ЭН} = \max\{KV_{\omega_1}^T, KV_{\omega_1}^{B3}, KV_{\omega_1}^H\}$  и достигает величины 0,15. Агрегируя частные коэффициенты уверенности в классе  $\omega_1$  в соответствии с выражением (3) получаем формулу для определения риска появления розацеа в течение ближайших 3 лет (рис. 1).

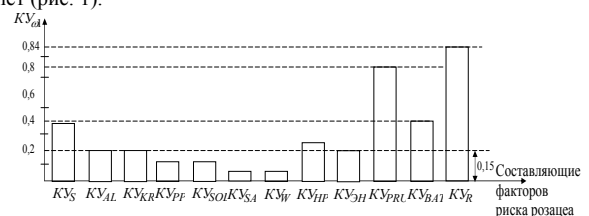


Рис. 1. График распределения коэффициентов уверенности в классе риск возникновения розацеа

Хотя каждый из частных коэффициентов уверенности относительно мал, общая уверенность принятия решения о возможном заболевании розацеа без информации об электрических характеристиках БАТ, связанных с заболеваниями кожи  $KV_{PRU}$ , достигает величины 0,77, а с использованием этих признаков – величины 0,84, что приемлемо по данному классу заболеваний.

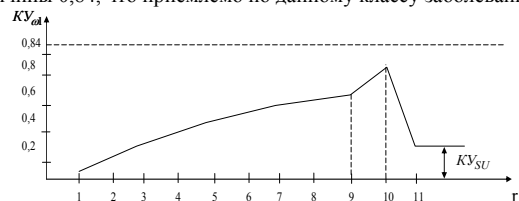


Рис. 2. Динамика изменения уверенности в классе  $\omega_1$  в зависимости от количества факторов риска привлекаемых для анализа.

11-й фактор на рис. 2 соответствует использованию солнцезащитной протекции, позволяющей снизить риск появления розацеа до величины  $KV_{SU}$ . На основании информации о наличии факторов риска и их интенсивности разработан алгоритм управления профилактическими мероприятиями, снижающими величину  $KV_{\omega_1}$ , основанный на сравнении рассчитываемых  $KV_{PRU}$  и  $KV_R$  с пороговыми

значениями  $KY_r^{II}$ . Результат работы этого алгоритма – формирование рекомендаций: для профилактики дерматоза, надо избегать стрессов, воздействия солнечных лучей в течение всего года; холода и резких перепадов температур; не посещать солярий и сауны; не употреблять острую, пряную, горячую (температура  $>60^\circ$ ) пищу и горячие напитки; исключить алкоголь.

Учитывая патогенез розacea, рекомендуется: круглый год использовать наружные солнцезащитные средства с SPF 10-15 в осенне-зимний период и SPF 20-30 в летний период времени; в весенне-летний период дополнительно использовать эндогенные фотопротекторы – такие, как имедин – (по 2 капли один раз в день, минимум 3 месяца), кледист (по 1 капле один раз в день, минимум 4 месяца); для ежедневного очищения кожи в домашних условиях использовать средства, содержащие высококачественные ПАВы, которые не разрушают липиды эпидермиса (нейоногенные ПАВы – полисорбаты, и этоксилаты жирных спиртов); для ежедневного ухода за кожей в домашних условиях использовать профессиональные противокуперозные средства, в состав которых входят витамины С, К, Р, экстракты лимона, гаммамелиса, гиацинта, водоросли и т.д. При эмоциональном напряжении (выше порогового  $KY_{ЭН}^{II}$  по  $KY_{ЭН}$ ) проверяется условие  $[\delta R_{R8} \text{ И } \delta R_{VB20}] > 10\%$ . Если относительное отклонение сопротивлений БАТ R8 и VB20  $> 10\%$ , нужна коррекция энергетического состояния этих точек методами рефлексотерапии.

В качестве общей терапии, направленной на нормализацию функций центральной и вегетативной нервной системы, эндокринной системы, ЖКТ, рекомендуются гомеопатические средства: лимфомиозот, галиум-хель, нукс вомикагомакорд, мукоза композитум и др. стандартными курсами после консультации со специалистом. Из лекарственных препаратов на этой стадии назначают эглотип и препараты красавки: белласпон, беллоид и др. Для борьбы со стрессом рекомендуются прогулки на свежем воздухе, физические нагрузки, сбалансированное (по баллам, жирам, углеводам, витаминам и микроэлементам) питание, общеукрепляющие процедуры и расслабляющий массаж. При возможности измерения сопротивлений БАТ P7, P9 и V20 и выполнение условия  $[\delta R_{P7} \text{ И } \delta R_{P9} \delta R_{V20}] > 10\%$ , рекомендуется рефлексотерапия по этим точкам, и далее изучается воздействие факторов X5-X9. При доминировании каких-либо факторов пациентам следует уменьшить или полностью исключить их из своей жизни.

При синтезе решающих правил для диагностики стадий розacea по принятой в литературе классификации реализуются следующая их классификация:  $\omega_0$  – розacea-диатез (предболезнь);  $\omega_1$  – розacea 1-ой стадии;  $\omega_2$  – папулезная розacea (2-я стадия);  $\omega_3$  – пустулезная розacea (3-я стадия). Характерной особенностью розacea является переход из стадии в стадию, когда последующие стадии обязательно имеют признаки предыдущих стадий. При этом нет четкой границы между стадиями. При определении стадии розacea-диатез вводятся признаки  $X_i$ , для каждого из которых эксперты формируют коэффициенты уверенности  $KY_{\omega_0}$ .

Первый признак  $x_1$  – «локализация на лице» определяется 5 градациями, имеющими два значения: 1 – градация признака присутствует; 0 – отсутствует. Градации определяются так:  $x_{11}$  – центральная часть лица;  $x_{12}$  – нососечные складки;  $x_{13}$  – лоб;  $x_{14}$  – подбородок;  $x_{15}$  – передние боковые поверхности шеи. По мнению экспертов, по отношению к стадии  $\omega_0$  все пять градаций равнозначны, их одновременное присутствие увеличивает уверенность в стадии  $\omega_0$ , а общая уверенность от признака  $x_1$  определяется выражением (2) с величиной  $R=1/20$ . Вторым признаком – «цвет»  $x_2$ :  $x_{21}$  – бледный;  $x_{22}$  – нормальный;  $x_{23}$  – бледно-розовый;  $x_{24}$  – розовый;  $x_{25}$  – красный;  $x_{26}$  – темно-красный;  $x_{27}$  – темно-красный с синюшным отливом. Этот признак характеризуется тем, что по мере роста второго индекса признака «уверенность в стадии  $\omega_0$ » равномерно растет, достигая 0,21. Коэффициент уверенности выразим через функцию принадлежности к носителю по шкале «цвет». Признак  $x_3$  – «границы» определяется 2 значениями типа: нечеткие ( $x_3=1$ ) и четкие ( $x_3=0$ ). Признак «длительность эритемы»  $x_4$  определяется двоичной переменной, формируемой по следующему условию. Если длительность эритемы после ее появления от нескольких минут до пяти часов, то  $x_4=1$ . В любом другом случае  $x_4=0$ , а частный коэффициент уверенности в  $\omega_0$  по этому признаку определяется логическим выражением по правилу 6. Уверенность в стадии  $\omega_0$  различна для мужчин и женщин и зависит от их возраста. Это различие учиты-

вается по правилу 6 с логическим признаком  $X_5$ , принимающим значение 0 при возрасте  $\leq 30$  лет и 1 при возрасте  $> 30$  лет. Признак  $x_6$  – провоцирующие факторы характеризует влияние ряда равноправных внешних условий на появление стадии  $\omega_0$ , которые кодируются двоичными числами (1 – фактор присутствует, 0 – отсутствует) и определяется так:  $x_{61}$  – эритема после алкоголя;  $x_{62}$  – после солнечного воздействия;  $x_{63}$  – после горячей и острой пищи;  $x_{64}$  – после солярия;  $x_{65}$  – после бани или сауны. Признак  $x_7$ , характеризующий течение заболевания относительно стадии  $\omega_0$ , определен так. Если течение заболевания длительное, хроническое то  $x_7=1$ , если нет, то  $x_7=0$ . Признак «сезонность» ( $x_8$ ) характеризует рост уверенности в стадии  $\omega_1$ , если обострение наступает весной и летом. Признак  $x_9$  характеризует уверенность в стадии  $\omega_0$  при субъективных ощущениях жара, жжения, зуда. Для составления решающего правила введены градации:  $x_{91}$  – жар (1 – есть, 0 – нет);  $x_{92}$  – жжение (1 – есть, 0 – нет);  $x_{93}$  – зуд (1 – есть, 0 – нет). Коэффициенты уверенности по признакам  $x_6$ – $x_9$  определяются условиями типа 6, а общая уверенность в стадии  $\omega_0$  без наличия других стадий – выражением (3).

Первая стадия заболевания  $\omega_1$  возникает на фоне розacea-диатеза с появлением телеангиоэктазии (сосудистых звездочек). Для выделения этой стадии вводятся 3 дополнительных признака:  $x_{10}$  – локализация телеангиоэктазии;  $x_{11}$  – цвет сосудистых звездочек;  $x_{12}$  – длительность эритемы после ее появления. Частные коэффициенты уверенности  $KY_{\omega_1}$  по этим признакам определяются из условий типа 6, а общий коэффициент уверенности по стадии  $\omega_1$  при отсутствии  $\omega_2$  выражением (3). С учетом того, что рост уверенности в стадии  $\omega_1$  сопровождается снижением уверенности в стадии  $\omega_0$ , при появлении признака  $x_{10}$  уверенность в стадии  $\omega_0$  корректируется в соответствии с выражением

$$KY_{\omega_0}^* = KY_{\omega_0} - F(X_{10}, X_{11}, X_{12}), \quad (10)$$

где  $F(X_{10}, X_{11}, X_{12})$  – функция коррекции  $KY_{\omega_0}$  получаемая из условия нулевого значения  $KY_{\omega_0}$  при максимальном значении

$KY_{\omega_1}$ . Вторая папулезная стадия заболевания  $\omega_2$  возникает на фоне первой стадии  $\omega_1$  и характеризуется набором признаков  $x_{13}$  – локализация папул;  $x_{14}$  – цвет папул;  $x_{15}$  – границы папул;  $x_{16}$  – форма папул;  $x_{17}$  – размер папул;  $x_{18}$  – группировка папул;  $x_{19}$  – характер поверхности. Общая уверенность в стадии  $KY_{\omega_2}$  определяется аналогично  $KY_{\omega_1}$  с использованием «своих» частных коэффициентов уверенности. Третья пустулезная стадия  $\omega_3$  возникает на фоне остальных стадий и характеризуется набором признаков:  $x_{20}$  – локализация пустул;  $x_{21}$  – цвет содержимого пустул;  $x_{22}$  – размеры пустул;  $x_{23}$  – группировки пустул;  $x_{24}$  – отек лица;  $x_{25}$  – субъективные жалобы. Уверенность в стадии  $KY_{\omega_3}$  определяется выражениями типа 3, 6 и 7.

Результаты экспертного оценивания и машинного моделирования показали, что величина  $KY_{\omega_0}$  достигает величины 0,88,  $KY_{\omega_1} = 0,944$ ,  $KY_{\omega_2} = 0,97$ ,  $KY_{\omega_3} = 0,98$ . На рис. 3. приведены варианты графиков поведения  $KY_{\omega_0}$ ,  $KY_{\omega_1}$ ,  $KY_{\omega_2}$  и  $KY_{\omega_3}$  по мере поступления признаков с номерами  $j=1, \dots, 25$ , получаемых в результате опроса и осмотра пациентов.

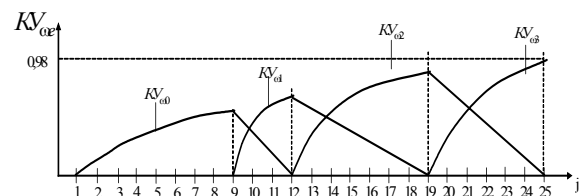


Рис. 3. Графики коэффициентов уверенности в стадиях розacea

Анализ графиков показывает, что между стадиями нет границы, они плавно переходят друг в друга, что говорит об адекватном выборе матаппарата для диагностики стадий розacea.

Процесс лечения/купирования розacea рационализируется, если терапевтические процедуры соответствуют стадиям заболевания, по которым разработаны схемы лечения, с элементами традиционной терапии и с рефлексотерапией при условии энергетического дисбаланса информативных БАТ. Для проверки

достоверности результатов сравнивались коэффициенты уверенности с результатами «срабатывания» решающих правил на объектах репрезентативной контрольной выборки, объем которой рассчитывался для уровня достоверности 0,1.

Для проверки достоверности решающих правил прогнозирования появления розацеа по данным опроса и осмотра (без измерения электрических характеристик БАТ) был определен порог работы правила прогнозирования  $K_{R1}^H$ , который равен 0,5. В соответствии с этим была сформирована выборка из 150 здоровых людей, факторы риска которых формировали величину  $K_{PRU} > 0,5$ . Эти люди наблюдались в течение 3<sup>х</sup> лет. Одновременно с ними наблюдались 150 человек, у которых  $K_{PRU} < 0,5$ . После трех лет была сформирована табл. 1 качества прогнозирования.

Таблица 1

Результатов прогнозирования розацеа по итогам опроса и осмотра

| Обследуемые          | Результаты исследований |               | Всего |
|----------------------|-------------------------|---------------|-------|
|                      | положительные           | отрицательные |       |
| $n_{\omega 1} = 150$ | 120                     | 30            | 150   |
| $n_{\omega 0} = 150$ | 37                      | 113           | 150   |
| Всего                | 157                     | 143           | 300   |

По табл. 1 рассчитывались показатели диагностической чувствительности (ДЧ), диагностической специфичности (ДС), прогностическая значимость положительных результатов (ПЗ<sup>+</sup>), прогностическая значимость отрицательных результатов (ПЗ<sup>-</sup>) и диагностическая эффективность (ДЭ). При этом были получены следующие результаты. Экспертная оценка уверенности срабатывания правила вычисления  $K_{PRU}$  равна 0,77; ДЧ = 0,8; ДС = 0,75; ПЗ<sup>+</sup> = 0,76; ПЗ<sup>-</sup> = 0,79; ДЭ = 0,78. Анализ этих результатов показывает хорошее совпадение результатов экспертной оценки и проверки качества работы синтезированных решающих правил на контрольной выборке. Дополнительные контрольные выборки были сформированы из людей, у которых дополнительно проводилось измерение электрических характеристик БАТ, связанных с заболеванием кожи (Р7, Р9 и V20). В каждый из классов «здоров»  $\omega_0$  и «заболели в течение первых трех лет»  $\omega_1$  было отобрано по 110 человек. По этой выборке порог  $K_{R2}^H = 0,6$ . После 3-летнего наблюдения получена табл. 2 результатов работы правила  $K_R$ . Показатели качества работы правила прогнозирования распределились следующим образом:  $K_R = 0,84$ ; ДЧ = 0,84; ДС = 0,81; ПЗ<sup>+</sup> = 0,81; ПЗ<sup>-</sup> = 0,84; ДЭ = 0,83.

Таблица 2

Распределение результатов работы правила вычисления  $K_{UR}$

| Обследуемые          | Результаты исследования |               | Всего |
|----------------------|-------------------------|---------------|-------|
|                      | положительные           | отрицательные |       |
| $n_{\omega 1} = 110$ | 93                      | 17            | 110   |
| $n_{\omega 0} = 110$ | 21                      | 89            | 110   |
| Всего                | 114                     | 106           | 220   |

Имеем увеличение показателей качества работы прогностического правила по всем составляющим при измерении дополнительных инструментальных признаков в среднем на 5,3 %.

Для проверки эффективности алгоритма управления профилактическими мероприятиями по предупреждению появления розовых угрей отобрано 210 человек с высоким риском появления розацеа ( $K_{PRU} > 0,7$ ). Из них 105 человек наблюдалось в течение 3-х лет без проведения специальных профилактических мероприятий. В результате у 98 чел. (65%) появились различные стадии заболевания с повышением степени эмоциональных переживаний по этому поводу у 53 чел. (35%), что может провоцировать развитие психосоматических заболеваний.

Для оставшихся 105 человек проводился профилактический комплекс по разработанному алгоритму. В результате этого в течение 3-х лет розовые угри начальной стадии появились у 11 человек (10%), причем 7 из них не выполняли рекомендаций по алкоголю и табаку. С учетом пациентов, не выполнявших наши рекомендации, профилактическая эффективность алгоритма управления профилактическими мероприятиями составляет 0,95.

Аналогично проверялись показатели качества работы решающих правил определения стадий розацеа. Результаты испытаний на репрезентативных контрольных выборках приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение данных математического моделирования и проверки на контрольной выборке правил определения стадий розацеа

|                    | $\omega_0$ | $\omega_1$ | $\omega_2$ | $\omega_3$ |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|
| КУ $\omega_i$ (ММ) | 0,882      | 0,944      | 0,97       | 0,98       |
| ДЧ $\omega_i$ (КВ) | 0,88       | 0,93       | 0,96       | 0,97       |
| ДС $\omega_i$ (КВ) | 0,97       | 0,94       | 0,97       | 0,97       |
| ДЭ $\omega_i$ (КВ) | 0,94       | 0,94       | 0,97       | 0,97       |

Результаты машинного моделирования (ММ) и проверки на контрольной выборке (КВ) достаточно близки друг к другу. Например, расхождение между КУ  $\omega_i$  и величиной диагностической чувствительности  $\leq 1\%$ . Для проверки эффективности алгоритма управления процессом лечения розовых угрей были исследованы истории болезней 250 человек, проводивших традиционное лечение начиная с 2001 года. Среднее время ведения таких пациентов до выздоровления или до стойкой ремиссии их состояния составило  $3 \pm 0,5$  месяца. Т.к. при традиционном лечении стадии заболеваний не выделялись, то провести сравнительные характеристики по выделенным стадиям не представляется возможным. Поэтому получен усредненный показатель времени лечения 155 человек по предложенному алгоритму. Это время составило  $2 \pm 0,3$  мес. Время лечения с использованием разработанного нами алгоритма сокращается в среднем на один месяц.

#### Литература

1. Гаваа Лувсан. Очерк методов восточной рефлексотерапии. – Новосибирск: Норма, 1991. – 432 с.
2. Долженкова З.Н. Разработка и исследование методов и средств комбинированной терапии атопического дерматита: Дис. канд. мед. наук. – Воронеж, 2001. – 196 с.
3. Корневский Н.А. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2005. – Т. 4, № 1. – С. 12–20.
4. Корневский Н.А. и др. Синтез моделей взаимодействия внутренних органов с проекционными зонами и их использование в рефлексодиагностике и рефлексотерапии. – Курск: КурскГТУ, 2005. – 224 с.
5. Корневский Н.А. и др. Проектирование систем поддержки принятия решений для медико-экологических приложений: Монография. Курск гос. техн. ун-т. – Курск, 2004. – 180 с.
6. Мятенко Н.И. Разработка и исследования методов и средств управления процессами диагностики и комбинированной терапии акне: Дис. канд. мед. наук. – Воронеж, 2004. – 125 с.
7. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
8. Устинов А. и др. Автоматизированные медико-технологические системы. В 3 ч. – Курск: КурскГТУ, 1995. – 315 с.

УДК 528.48: 551.42

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПЕРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ АКТОВ БИОТЕРРОРИЗМА

Г.А. КВАШНИНА\*, Т.В. ОВЧИННИКОВА, Н.Н. ФРОЛОВА

Современная эпидемиология, как наука общих закономерностей становления и развития эпидемий инфекционных болезней накопила огромный теоретический, экспериментальный и практический материал, который объективно отражает важнейшие стороны процессов возникновения, распространения и прекращения эпидемий особо опасных инфекций (ООИ). В практическом аспекте эпидемиология всегда была связана с разработкой научно обоснованных мер профилактики и борьбы с ООИ, с оценкой их эффективности, что определяет экономическую целесообразность – рентабельность эпидемиологии для современного общества [2]. Выделяются три категории возбудителей ООИ. Эти категории возбудителей и определяют уровень готовности специалистов здравоохранения к ликвидации последствий актов биотерроризма (БТ) и выработке мер противодействия.

\* 394026, г. Воронеж, Московский проспект 14, ВГТУ