

УДК 004.93

Т.А. Зайко¹, А.А. Олейник², Н.В. Жихарева³, С.А. Субботин⁴¹ Запорожский национальный технический университет,
г. Запорожье, Украина, tzyakun@mail.ru;² Запорожский национальный технический университет,
г. Запорожье, Украина, olejnikaa@gmail.com;³ Государственное учреждение «Запорожская Медицинская Академия Последипломного образования»
Министерство здравоохранения Украины, г. Запорожье, Украина, natalidoctor@rambler.ru;⁴ Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина, subbotin@zntu.edu.ua

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕЙРО-АРТРИТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА ОСНОВЕ АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ

Рассмотрена задача медицинского диагностирования нейро-артритических аномалий. Для решения данной задачи предложено использовать ассоциативные правила. Разработан метод построения диагностических моделей на основе ассоциативных правил и нейро-нечетких сетей. Проведены эксперименты по решению практических задач медицинского диагностирования.

АССОЦИАТИВНОЕ ПРАВИЛО, МЕДИЦИНСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ, НЕЙРО-НЕЧЕТКАЯ СЕТЬ, ТРАНЗАКЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ, ФУНКЦИЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Введение

Ухудшение общей экологической ситуации, в частности из-за аварии на Чернобыльской АЭС на Украине, приводит к увеличению частоты возникновения пороков развития у животных и человека, сопровождающихся различными заболеваниями. Это обуславливает необходимость дифференциального диагностирования для выявления опасных болезней на ранних стадиях развития. Особую важность этот процесс приобретает в экологически неблагоприятных промышленных районах [1].

В настоящее время актуальным является прогнозирование аномальных конституций – состояний, формирующихся в раннем детском возрасте, отображающих возможности адаптации организма ребенка к условиям окружающей среды [2].

Одним из актуальных, но наименее рассмотренных вопросов исследования аномальных конституций является диагностирование нейро-артритических аномалий (НАД), поскольку по данным медицинских исследований [2] именно эта аномалия является важным фактором развития подагры, мочекаменной, желчекаменной и гипертонической болезней, ишемической болезни сердца, кроме того НАД является предиктором диабета и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Усложняет процесс диагностирования НАД также наличие большого количества факторов, которые, по данным различных исследований [2], могут оказывать влияние на развитие болезни. Анализ всех факторов в неавтоматическом режиме экспертным путем может привести к постановке некорректного диагноза и неправильному лечению, что в свою очередь приведет к нежелательным последствиям. Поэтому актуальной является автоматизация поддержки принятия решений при диагностировании НАД.

В настоящей работе для диагностирования НАД предлагается использовать аппарат ассоциативных правил, позволяющий на основе заданного набора данных выявлять ранее неизвестные зависимости в виде правил типа «Если условие, то действие», доступных для восприятия, дальнейшего использования и анализа [3–5].

Целью работы является разработка метода диагностирования нейро-артритических аномалий на основе ассоциативных правил.

1. Постановка задачи

Для построения диагностической модели на основе ассоциативных правил было исследовано состояние здоровья детей, рожденных от родителей, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, и выявлены диагностические критерии [2] формирования различных заболеваний с целью последующей коррекции состояния их здоровья.

В результате обследования 344 пациентов получен набор данных, содержащих следующие показатели (признаки), характеризующие здоровье детей: τ_1 – липиды общие, г/л; τ_2 – гидроперекиси липидов, ΔD_{233} / мг; τ_3 – диеновые конъюгаты, ΔD_{233} / мг; τ_4 – малоновый диальдегид, мкмоль/л; τ_5 – шифовые основы, у.е.; τ_6 – активность каталазы, $\text{мка} \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{л}^{-1}$; τ_7 – церулоплазмин, мкмоль/л; τ_8 – α -токоферол, мкмоль/л; τ_9 – ретинол, мкмоль/л; τ_{10} – аскорбиновая кислота, мкмоль/л; τ_{11} – диагноз «нейро-артритическая аномалия»; τ_{12} – диагноз «задержка психического развития»; τ_{13} – соматотропин, пг/мл; τ_{14} – тиретропин, мМЕ/мл; τ_{15} – T_3 , нмоль/л; τ_{16} – T_4 , нмоль/л; τ_{17} – мелатонин, мкг/мл; τ_{18} – адренокортикотропин, пг/мл; τ_{19} – кортизол, нг/мл; τ_{20} – инсулин, мЕд./мл; τ_{21} – соотношение кортизол/инсулин, характеризующее компенсационные возможности орга-

низма; τ_{22} – 4-пиридоксиновая кислота, мкг/мл; τ_{23} – лимфоциты, %; τ_{24} – CD3⁺, %; τ_{25} – CD4⁺, %; τ_{26} – CD8⁺, %; τ_{27} – CD4⁺/CD8⁺; τ_{28} – CD19⁺, %; τ_{29} – CD16⁺, %; τ_{30} – CD25⁺, %; τ_{31} – НСТ-тест; τ_{32} – титр природных антител; τ_{33} – IAH; τ_{34} – реакция торможения миграции лимфоцитов; τ_{35} – фагоцитарный индекс; τ_{36} – фагоцитарное число; τ_{37} – индекс законченности фагоцитоза; τ_{38} – IgG, мг/мл; τ_{39} – IgA, мг/мл; τ_{40} – IgM, мг/мл; τ_{41} – уменьшение концентрации 4-пиридоксиновой кислоты; τ_{42} – повышение концентрации соматотропина; τ_{43} – уменьшение концентрации T_3 ; τ_{44} – уменьшение соотношения CD4⁺/CD8⁺; τ_{45} – уменьшение концентрации T_4 ; τ_{46} – уменьшение концентрации тиреотропина; τ_{47} – уменьшение концентрации естественных антител; τ_{48} – артралгии; τ_{49} – уменьшение концентрации IgA в плазме крови; τ_{50} – уменьшение фагоцитарной активности нейтрофилов по НСТ-тесту; τ_{51} – повышение концентрации малонового диальдегида; τ_{52} – увеличение количества CD25⁺; τ_{53} – повышение активности каталазы; τ_{54} – повышение концентрации IgM в плазме крови; τ_{55} – эмоциональная лабильность; τ_{56} – повышение концентрации мелатонина; τ_{57} – диспептический синдром; τ_{58} – ацетонемическая рвота; τ_{59} – уратурия в период новорожденности; τ_{60} – повышение концентрации IgG в плазме крови; τ_{61} – повышение концентрации инсулина; τ_{62} – уменьшение концентрации α -токоферола; τ_{63} – уменьшение концентрации аскорбиновой кислоты; τ_{64} – увеличение количества CD19⁺; τ_{65} – дисметаболическая нефропатия; τ_{66} – увеличение количества CD16⁺; τ_{67} – повышение концентрации общих липидов; τ_{68} – уменьшение количества CD4⁺; τ_{69} – уменьшение количества CD8⁺.

Как видно, некоторые характеристики ($\tau_1 - \tau_{10}$, $\tau_{13} - \tau_{40}$), очевидно, могут являться входными признаками для диагностирования некоторых болезней (τ_{11} , τ_{12} , τ_{48} , τ_{55} , $\tau_{57} - \tau_{59}$, τ_{65}), которые в свою очередь могут быть связаны или, наоборот, вызывать некоторые изменения в значениях показателей здоровья ($\tau_{41} - \tau_{47}$, $\tau_{49} - \tau_{54}$, τ_{56} , $\tau_{60} - \tau_{64}$, $\tau_{66} - \tau_{69}$). Однако важно определить не только очевидные взаимосвязи между различными показателями, но и также выявить новые, ранее неизвестные закономерности.

Результаты исследований пациентов представим в виде транзакционной базы данных D (1):

$$D = \{T_1, T_2, \dots, T_{N_D}\}, \quad (1)$$

в которой каждый элемент T_j , $j = 1, 2, \dots, N_D$ содержит информацию о конкретном пациенте (данных о его лабораторных исследованиях и поставленных диагнозах), где $N_D = |D| = 344$ – количество транзакций (наборов данных о конкретных пациентах) в наборе данных D .

Элементы T_j могут представлены в виде (2):

$$T_j = (tid_j, item_j), \quad (2)$$

где tid_j – идентификатор j -й транзакции T_j , содержащей информацию о j -м пациенте;

$item_j = \{t_{1j}, t_{2j}, \dots, t_{N_{item_j}j}\} \subseteq I$ – список элементов, входящих в транзакцию T_j ; t_{ij} – i -й элемент списка $item_j$, содержащий информацию о j -м пациенте, $i = 1, 2, \dots, N_{item_j}$; $N_{item_j} = |item_j|$ – количество элементов множества $item_j$ – количество характеристик (признаков и поставленных диагнозов) конкретного пациента; $I = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{N_I}\}$ – множество возможных характеристик, которые могут описывать конкретного пациента и входить в список элементов $item_j$ каждой транзакции T_j , $j = 1, 2, \dots, N_D$ набора данных D ; τ_a – a -й элемент множества I , $a = 1, 2, \dots, N_I$; $N_I = |I| = 69$ – количество элементов множества I – общее количество характеристик и поставленных диагнозов, которыми могут быть описаны исследуемые пациенты.

Тогда на основе заданной транзакционной базы данных D (1) необходимо построить набор ассоциативных правил в виде импликаций $X \rightarrow Y$, в которых наборы X и Y не пересекаются (3) [3–7]:

$$X \rightarrow Y: X \subset I, Y \subset I, X \cap Y = \emptyset. \quad (3)$$

Таким образом, в результате синтеза ассоциативных правил на основе имеющегося набора данных D выполняется поиск закономерностей между событиями $\tau_a \in I$, $a = 1, 2, \dots, N_I$.

Синтез набора ассоциативных правил на основе данных, полученных в результате наблюдений пациентов, позволит решить две важные задачи, возникающие при медицинском диагностировании некоторых болезней:

1) выявление новых знаний о заболеваниях и их взаимосвязях вида «Если установлен набор диагнозов D_1, D_2, \dots, D_{kD} и значения численных показателей находятся в определенных пределах $x_i \in A_{ij}$, то у пациента с вероятностью P_j может быть установлен диагноз u_j », где A_{ij} – множество значений признака x_i , при которых возникает диагноз u_j . Это позволит выполнять диагностирование некоторых болезней на ранних стадиях, а также предоставлять своевременные рекомендации для проведения комплекса профилактических мероприятий по недопущению возникновения болезней, с большой степенью вероятности сопровождающихся или возникающих вследствие заболеваний, диагноз по которым уже установлен;

2) извлечение факторов, являющихся пусковым механизмом для перехода от латентной формы заболевания к открытой, что позволит своевременно предпринимать необходимые действия для предотвращения этого нежелательного процесса.

2. Метод построения диагностических моделей на основе ассоциативных правил и нейро-нечетких сетей

Для решения задач диагностирования предлагается из исходной выборки извлекать набор ассоциативных правил, на основе которого строить в автоматическом режиме диагностическую модель на основе предлагаемого метода. В нём на этапе инициализации формируется обучающая выборка в виде транзакционной базы данных D (1), полученных в результате наблюдения за состоянием объектов диагностирования. Далее осуществляется обобщение базы данных D (1) путем извлечения численных ассоциативных правил, в результате чего синтезируется диагностическая модель в виде базы правил. Построенная база правил в дальнейшем используется либо для синтеза более сложных и точных моделей (например, в виде нейро-нечетких сетей), либо для определения значений набора выходных параметров (например, установление болезней, сложно диагностируемых с помощью применения традиционно используемых методов).

Разработанный метод может быть представлен в виде следующей последовательности этапов.

Этап 1. Сформировать транзакционную базу данных вида D (1). Для этого провести необходимые лабораторные исследования, выполнить измерение необходимых численных характеристик пациентов, установить возможные диагнозы.

Этап 2. С помощью методов синтеза ассоциативных правил [3–7] сформировать базу правил БП, обобщающую транзакционную базу данных D (1) в виде набора правил типа «Если значения некоторых критериев x_i находится в области A_{ij} ($x_i \in A_{ij}$), то с вероятностью может быть установлен диагноз y_j ». Учитывая, что значения некоторых параметров x_i в транзакционной базе данных D (1) являются численными, целесообразным для построения базы правил БП является применение методов поиска численных ассоциативных правил [3–7].

Этап 3. Проанализировать построенную на предыдущем этапе базу ассоциативных правил БП. По возможности выполнить её редукцию путем исключения избыточных правил [4, 8], а также объединения некоторых из них. В случае, если синтезированная база правил обеспечивает приемлемую точность определения значений выходных параметров, она в дальнейшем используется для осуществления диагностирования, в частности, для установления некоторых диагнозов, на основе набора входных параметров, характеризующих состояние исследуемых объектов диагностирования. В противном случае выполняется переход к следующему этапу для построения более сложных моделей, обеспечивающих большую точность классификации или прогнозирования.

Этап 4. При необходимости дальнейшего использования полученных данных построить нейро-нечеткую модель зависимости выходного параметра (сложно устанавливаемого диагноза) от набора других параметров.

В качестве базиса для построения нейро-нечетких моделей в предлагаемом методе выбрана сеть ANFIS [4, 9], реализующая систему нечеткого вывода Такаги-Сугэно в виде пятислойной нейросети прямого распространения. Нейроны первого слоя соответствуют нечетким термам входных переменных с функциями принадлежности $\mu_{ac}^{(1)}$, $a=1,2,\dots,N_X$, $c=1,2,\dots,N_{\text{разб}a}$, где $\mu_{ac}^{(1)}$ – функция принадлежности a -го признака c -му терму; N_X – количество входных параметров X в базе правил, синтезированной на предыдущем этапе; $N_{\text{разб}a}$ – количество интервалов разбиения a -го признака.

В случае, если признак X_a является качественным, значение величины $N_{\text{разб}a}$ будет равно двум. Для количественных признаков значение величины $N_{\text{разб}a}$ определяется в процессе дискретизации.

В качестве функции принадлежности предлагается использовать функцию Гаусса [4, 9, 10] (4):

$$\mu_{ac} = e^{-\frac{(X_a - M_{Xac})^2}{2\sigma_{Xac}^2}}, \quad (4)$$

где M_{Xac} – математическое ожидание a -го признака X_a в c -ом терме; σ_{Xac} – среднеквадратическое отклонение значений признака X_a в c -ом терме от математического ожидания; M_{Xac} – величина, определяющая ширину функции μ_{ac} .

Значения параметров M_{Xac} и σ_{Xac} предлагается определять таким образом, чтобы для каждого a -го признака ширина функции принадлежности μ_{ac} для c -го терма определялась исходя из границ диапазонов значений признака X_a на каждом из интервалов разбиения его значений, найденных ранее (5), (6):

$$M_{Xac} = \frac{1}{2}(X_{a\text{min}c} + X_{a\text{max}c}); \quad (5)$$

$$\sigma_{Xac} = \frac{X_{a\text{max}c} - M_{Xac}}{2} = \frac{1}{4}(X_{a\text{max}c} - X_{a\text{min}c}). \quad (6)$$

Значения параметров M_{Xac} и σ_{Xac} рассчитываются по формулам (5) и (6) для всех интервалов диапазона разбиения a -го признака X_a : $c=1,2,3,\dots,N_{\text{разб}a}$.

$$\mu_b^{(2)} = \min_{\substack{a=1,2,\dots,N_X \\ c=1,2,\dots,N_{\text{разб}a}}} (w_{ac}^{(2,b)} \mu_{ac}^{(1)}); \quad (7)$$

$$\mu_b^{(2)} = \prod_{a=1}^{N_X} \prod_{c=1}^{N_{\text{разб}a}} w_{ac}^{(2,b)} \mu_{ac}^{(1)}, \quad (8)$$

где $w_{ac}^{(2,b)}$ – весовые коэффициенты, определяющие наличие связи между нейронами первого слоя и соответствующими нейронами второго слоя и отражающие наличие c -го терма a -го признака в

условии b -го правила: $w_{ac}^{(2,b)} = 1$, если c -й терм a -го признака входит в условие b -го правила, $w_{ac}^{(2,b)} = 0$ – в противном случае.

Нейроны третьего слоя находят нормализованные степени выполнения правил (9):

$$\mu_b^{(3)} = \frac{\mu_b^{(2)}}{\sum_{c=1}^{N_{\text{пр}}} \mu_c^{(2)}}, \quad b = 1, 2, \dots, N_{\text{пр}}. \quad (9)$$

Четвертый слой содержит нейроны, на выходах которых вычисляются линейные комбинации входных признаков X_a с учетом степеней выполнения правил (определяются консеквенты правил) (10):

$$y_b = \mu_b^{(3)} \sum_{a=1}^{N_X} w_a^{(4,b)} X_a, \quad b = 1, 2, \dots, N_{\text{пр}}. \quad (10)$$

Каждый b -й нейрон четвертого слоя соединен со всеми входами сети X_a , $a = 1, 2, \dots, N_X$, а также с b -м нейроном третьего слоя.

Единственный нейрон пятого слоя сети предназначен для вычисления общего выхода сети (11):

$$y = \sum_{b=1}^{N_{\text{пр}}} y_b. \quad (11)$$

Таким образом, предложенный метод построения диагностических моделей на основе ассоциативных правил предусматривает обобщение исходной транзакционной базы данных путем извлечения численных ассоциативных правил, в результате чего синтезируется диагностическая модель в виде базы правил, позволяющей выполнять диагностирование путем определения значений выходных параметров по набору входных аргументов, а также характеризуется высокой интерпретабельностью за счет высокой понимаемости и воспринимаемости людьми-экспертами правил вида «Если выполняется набор условий, то истинным является некоторый диагноз».

Кроме того, предложенный метод позволяет в процессе медицинского диагностирования выполнять извлечение новых, ранее неизвестных зависимостей в виде ассоциативных правил, что, в свою очередь, позволит получать новые знания об исследуемых объектах, процессах или системах и предоставлять своевременные рекомендации для проведения комплекса профилактических мероприятий по недопущению возникновения болезней, с большой степенью вероятности сопровождающихся или возникающих вследствие заболеваний, диагноз по которым уже установлен.

3. Эксперименты и результаты

Предложенный метод медицинского диагностирования на основе ассоциативных правил был программно реализован на языке программирования С#. С помощью разработанного метода и

программного обеспечения решалась практическая задача диагностирования нейро-артритических аномалий с описанной выше постановкой.

Результаты проведения экспериментов позволили выявить взаимосвязи различных заболеваний вида «Если установлен набор диагнозов D_1, D_2, \dots, D_{kD} и значения численных показателей находятся в определенных пределах $x_i \in A_{ijj}$, то у пациента с вероятностью P_j может быть установлен диагноз y_j », а также извлечь факторы, являющиеся пусковым механизмом для перехода от латентной формы заболевания к открытой.

В частности, выявлено, что наиболее информативными факторами, позволяющими диагностировать нейро-артритические аномалии на ранних стадиях, являются: уменьшение концентрации 4-пиридоксиновой кислоты (τ_{41}), эмоциональная лабильность (τ_{55}), диспептический синдром (τ_{57}), ацетонемическая рвота (τ_{58}), уратурия в период новорожденности (τ_{59}). Выявленные факторы и зависимости позволят своевременно предпринимать необходимые действия для предотвращения нежелательных переходов от латентной формы к открытой форме заболевания.

Выводы

В работе решена актуальная задача синтеза диагностических моделей на основе ассоциативных правил.

Научная новизна работы заключается в том, что разработан новый метод построения диагностических моделей на основе ассоциативных правил и нейро-нечетких сетей, который предусматривает обобщение исходной транзакционной базы данных путем извлечения численных ассоциативных правил, в результате чего синтезируется диагностическая модель в виде базы правил. Синтезированная с помощью предложенного метода база правил позволяет выполнять диагностирование путем определения значений выходных параметров по набору входных аргументов, а также характеризуется высокой интерпретабельностью за счет высокой понимаемости и воспринимаемости людьми-экспертами правил вида «Если выполняется набор условий, то истинным является некоторый диагноз».

Кроме того, предложенный метод позволяет в процессе диагностирования выполнять извлечение новых, ранее неизвестных зависимостей в виде ассоциативных правил, что, в свою очередь, позволит получать новые знания об исследуемых объектах, процессах или системах и предоставлять своевременные рекомендации для проведения комплекса профилактических мероприятий по недопущению возникновения болезней, с большой степенью вероятности сопровождающихся или возникающих вследствие заболеваний, диагноз по которым уже установлен.

Практическая ценность полученных результатов заключается в том, что на основе предложенного метода разработано программное обеспечение, позволяющее выполнять построение диагностических моделей на основе ассоциативных правил, а также решена практическая задача диагностирования нейро-артритических аномалий.

Работа выполнена в рамках госбюджетных научно-исследовательских тем Запорожского национального технического университета “Методы, модели и устройства принятия решений в системах распознавания образов” и “Интеллектуальные информационные технологии автоматизации проектирования, моделирования, управления и диагностирования производственных процессов и систем”.

Список литературы: 1. *Da Costa J. M.* Medical Diagnosis / J. M. Da Costa. – Charleston : Nabu Press, 2010. – 788 p. 2. *Жихарева, Н. В.* Стан адаптаційно-захисних механізмів у дітей дошкільного віку, народжених від батьків, які зазнали негативного впливу радіаційного опромінення : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.10 “Педіатрія” / Н. В. Жихарева. – Дніпропетровськ : ДДМА МОЗ України, 2004. – 22 с. 3. *Gkoulalas-Divanis A.* Association Rule Hiding for Data Mining / A. Gkoulalas-Divanis, V. S. Verykios. – New York : Springer-Verlag. – 2010. – 150 p. 4. *Субботин, С. О.* Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень : навч. посібник [Текст] / С. О. Субботин. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с. 5. *Koh Y. S.* Rare Association Rule Mining and Knowledge Discovery / Y. S. Koh, N. Rountree. – New York : Information Science Reference. – 2009. – 320 p. 6. *Zhang C.* Association rule mining: models and algorithms / C. Zhang, S. Zhang. – Berlin : Springer-Verlag. – 2002. – 238 p. 7. *Adamo J.-M.* Data mining for association rules and sequential patterns: sequential and parallel algorithms / Adamo J.-M. – New York : Springer-Verlag. – 2001. – 259 p. 8. *Субботин, С. А.* Синтез диагностических моделей на

основе нейро-нечётких сетей с высокими обобщающими свойствами [Текст] // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2012. – Т. 14, № 3. – С. 47–57. 9. *Гибридные нейро-фаззи модели и мультиагентные технологии в сложных системах : монография [Текст] / В. А. Филатов, Е. В. Бодянский, В. Е. Кучеренко и др. ; под общ. ред. Е. В. Бодянского. – Дніпропетровськ : Системні технології, 2008. – 403 с.* 10. *Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов : монография [Текст] / С. А. Субботин, Ан. А. Олейник, Е. А. Гофман, С. А. Зайцев, Ал. А. Олейник ; под ред. С. А. Субботина. – Харьков : ООО “Компания Смит”, 2012. – 317 с.*

Поступила в редколлегию 20.08.2012

УДК 004.93

Діагностування нейро-артритичних аномалій на основі асоціативних правил / Т. А. Зайко, А. О. Олійник, Н. В. Жихарева, С. О. Субботин // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2012. – № 2 (79). – С. 53–57.

Розглянуто задачу медичного діагностування нейро-артритичних аномалій. Для вирішення даної задачі запропоновано використовувати асоціативні правила. Розроблено метод побудови діагностичних моделей на основі асоціативних правил і нейро-нечітких мереж. Проведено експерименти з вирішення практичних завдань медичного діагностування.

Бібліогр.: 10 найм.

UDC 004.93

Diagnostics of Neuro-Arthritic Anomalies Based on Association Rules / T. A. Zayko, A. O. Oliynyk, N. V. Zhyhareva, S. A. Subbotin // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. – 2012. – № 2 (79). – P. 53–57.

The problem of medical diagnostics of neuro-arthritic anomalies is considered. To solve this problem the usage of association rules is proposed. A method for constructing diagnostic models based on association rules and neuro-fuzzy networks is created. Experiments on the solution of practical problems of medical diagnosis are conducted.

Ref.: 10 items.