



005007294

На правах рукописи

СУМИНА Юлия Евгеньевна

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ
ЗАБОЛЕВАНИЙ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ**

Специальность: 05.13.01 – Системный анализ, управление
и обработка информации
(технические и медицинские системы)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж – 2011

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Львович Игорь Яковлевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Бурковский Виктор Леонидович;

кандидат технических наук, доцент
Мешкова Таисия Александровна

Ведущая организация ФГБОУ ВПО «Юго-Западный
государственный университет»,
г. Курск

Защита состоится «23» декабря 2011 г. в 10⁰⁰ часов в конференц-зале на заседании диссертационного совета Д 212.037.02 ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет» по адресу: 394026, г. Воронеж, Московский просп., 14.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет».

Автореферат разослан «23» ноября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Коровин Е.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. На сегодняшний день для специалистов в области медицины большое значение имеет возможность работать с современными информационными базами данных, благодаря которым стали доступны обширные массивы информации, ранее не используемые для анализа. Это оказывает ощутимую пользу не только в научных исследованиях, но и в решении практических задач, например вопросов диагностики. Современный этап развития общества характеризуется широким использованием теоретического и прикладного аппарата системного анализа при создании проблемно-ориентированных комплексов, обеспечивающих интеллектуальную поддержку принятия диагностических решений.

Проблема диагностики заболеваний молочных желез (МЖ) в настоящее время чрезвычайно актуальна. Среди заболеваний МЖ мастопатии по частоте занимают первое место. Мастопатией заболевают женщины детородного возраста – от 25 до 45 лет. Фиброаденомы составляют 18 % всех узловых образований МЖ. Они считаются самой доброкачественной опухолью, однако возможен переход их в злокачественную форму.

Осуществление отбора признаков для диагностики заболеваний МЖ является необходимой процедурой, поскольку для решения классификационной задачи должны быть отобраны сведения, несущие полезную для данной задачи информацию. В связи с этим, анализ медицинских данных невозможен без применения математических методов.

Диссертация посвящена поиску возможности эффективного управления процессом диагностики заболеваний МЖ.

Одна из ведущих ролей для повышения эффективности диагностики заболеваний МЖ принадлежит использованию компьютерных средств реализации математического описания, которые позволяют принять во внимание большое количество диагностических признаков с учетом их индивидуального коэффициента значимости.

Таким образом, актуальность темы диссертации заключается в необходимости разработки методов интеллектуальной поддержки процес-

са диагностики мастопатии и фиброаденомы на основе математических моделей и алгоритмов.

Диссертация выполнена в соответствии с основным научным направлением ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет» «Вычислительные комплексы и проблемно-ориентированные системы управления» при выполнении НИР ГБ 2010.27 «Моделирование и управление процессами в здравоохранении».

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является разработка моделей и алгоритмов, повышающих эффективность процесса принятия решений при диагностике заболеваний МЖ с последующим внедрением результатов исследования в клиническую практику в виде автоматизированной системы диагностики исследуемого класса заболеваний.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

проанализировать математические методы обработки медицинских данных и обосновать их применение в задачах диагностики заболеваний МЖ;

разработать алгоритм для отнесения состояния пациента к одному из классов заболеваний МЖ на основе метода «деревьев решений»;

построить классификационные модели на основе статистических методов распознавания образов для оценки состояния больных с заболеваниями МЖ;

разработать процедуру оценки состояния больных с мастопатией и фиброаденомой на основе нейросетевого моделирования;

построить сетевую модель на основе сетей Петри, которая позволяла бы принимать решения при планировании диагностического процесса заболеваний МЖ;

создать автоматизированную систему обеспечения рациональной диагностики заболеваний МЖ в клинических условиях и провести ее клиническую апробацию.

Методы исследования. В работе использованы методы системного анализа, имитационного моделирования, математической статистики и теории управления биосистемами, «деревьев решений» и нейронных сетей.

На защиту выносятся следующие результаты диссертации, имеющие научную новизну:

схема применения средств математической статистики и видов математического моделирования для обработки данных клинических характеристик и признаков мастопатии и фиброаденомы;

алгоритм оценки состояния пациентов с заболеваниями МЖ на основе метода «деревьев решений», позволяющий определить значимость входных переменных;

методика оценки состояния больных с мастопатией и фиброаденомой на основе статистических критериев, позволяющая учитывать индивидуальные особенности больных;

система на базе нейронной сети, обеспечивающая информационную поддержку принимаемых врачом решений для повышения эффективности постановки диагноза заболеваний МЖ;

сетевая модель на основе сетей Петри, позволяющая принимать рациональные решения при планировании диагностического процесса заболеваний МЖ;

автоматизированная система, обеспечивающая интеграцию методов, моделей и алгоритмов рационального принятия решения для диагностики мастопатии и фиброаденомы.

Практическая значимость и внедрение результатов работы. Разработаны модели, алгоритмы и программное обеспечение дифференциальной диагностики заболеваний молочных желез, позволяющие поднять на новый уровень качество медицинского обслуживания, в частности повысить эффективность диагностических мероприятий для выявления заболеваемости мастопатией и фиброаденомой. Построенные модели оценки и алгоритмы позволяют соотносить состояние пациенток с одним из исследуемых классов заболеваний и осуществлять рациональное управление диагностическим процессом.

Материалы работы в виде автоматизированной системы обеспечения рациональной диагностики заболеваний МЖ внедрены в работу отдела функциональной диагностики Воронежского областного клинического консультативно-диагностического центра.

Апробация работы. Основные положения и научные результаты диссертации докладывались и обсуждались на следующих конференци-

ях, семинарах и совещаниях: Всероссийской конференции «Интеллектуальные информационные системы» (Воронеж, 2009, 2010); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы инновационных систем информатизации и безопасности» (Воронеж, 2010); научно-методическом семинаре кафедры «Системный анализ и управление в медицинских системах» ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет» (Воронеж, 2008-2011).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 2 - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, соискателем сформулировано современное состояние проблем заболеваний молочных желез [4]; проведен анализ методов диагностики мастопатии и определены особенности диагностики заболеваний молочных желез [3, 5]; проведено исследование и анализ характеристик заболеваний молочных желез [8]; обосновано применение статистического моделирования для диагностики заболеваний молочных желез [9]; приведен алгоритм процесса диагностики заболеваний молочных желез на основе имитационного моделирования [7]; предложена модель процесса управления постановкой диагноза заболеваний молочных желез на основе сетей Петри [6]; предложены логические модели постановки диагноза заболеваний молочных желез с помощью имитационного моделирования и дерева решений, а также на основе статистического и нейросетевого моделирования [1, 2].

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, приложения и списка литературы из 103 наименований. Основная часть работы изложена на 109 страницах, содержит 28 рисунков и 8 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, изложены основные научные положения, определена практическая значимость, приведены сведения об апробации и внедрении работы.

Первая глава посвящена анализу различных математических методов обработки медицинских данных и необходимости их применения для автоматизированной проблемно-ориентированной системы диагностики мастопатии и фиброаденомы. Результатом проведенного анализа стала схема, представленная на рис. 1, применения методов моделирования для обработки медицинских данных пациенток с заболеваниями МЖ.

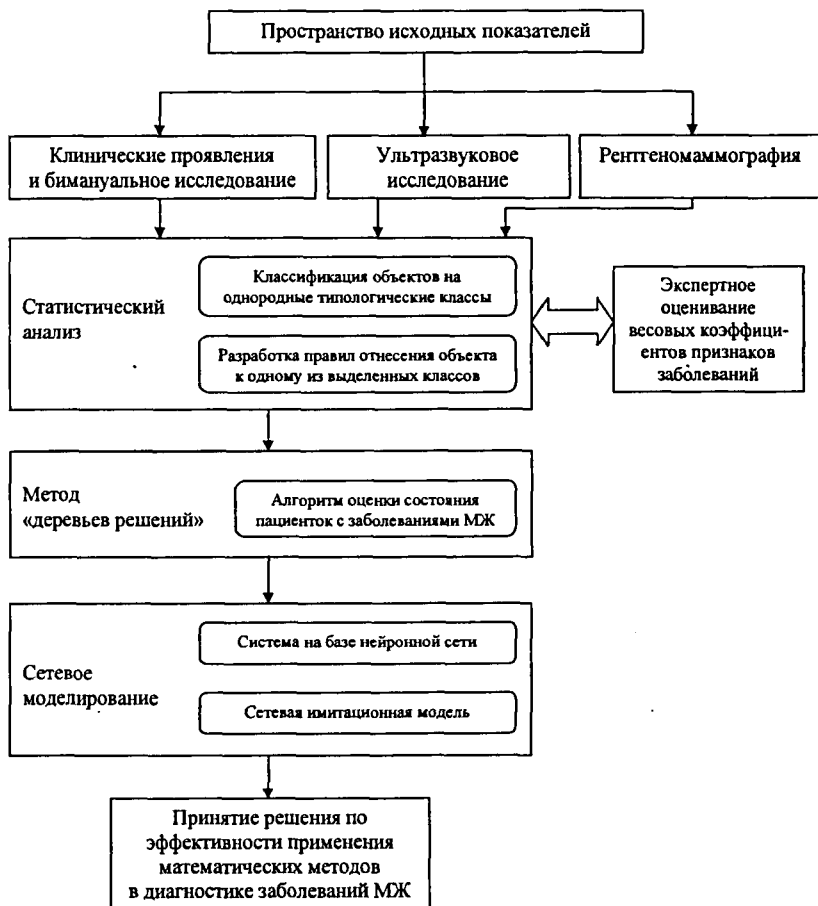


Рис. 1. Схема применения математических методов для обработки данных пациенток с заболеваниями МЖ

Также проводится обзор современного состояния проблем заболеваемости мастопатией и фиброаденомой. Рассматриваются особенности методов диагностики мастопатии и фиброаденомы и в качестве основных методов рассмотрены ультразвуковое исследование и метод рентгеномаммографии.

На основании проведенного анализа определяются цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена разработке статистических моделей постановки диагноза заболеваний молочных желез.

В результате обследования 76 пациенток Воронежского областного клинического консультативно-диагностического центра за 2007 - 2009 годы, у 39 женщин была выявлена мастопатия, у 27 - фиброаденома, у 10 – признаки предменструального синдрома (ПМС).

На основе проведенного анализа качественных и количественных информационных параметров, получаемых в процессе диагностики, были выявлены явно выраженные ультразвуковые и рентгеномаммографические признаки рассматриваемых заболеваний.

Оценка функционального состояния пациенток проводилась по трем условно выделяемым уровням, включающим в себя 36 признаков заболеваний: бимануальное исследование, результаты ультразвукового обследования и рентгеномаммографии на основании 59 историй пациенток с заболеваниями молочных желез и ПМС.

Разработаны прогностические модели принадлежности векторов наблюдений к одной из рассматриваемых патологий на основе метода «деревьев решений». В матрице обучающей информации содержатся признаки наличия или отсутствия 8 основных симптомов заболеваний молочных желез и группировочный признак, указывающий к какой группе относится пациентка (соответственно – мастопатия, фиброаденома или ПМС). Для построения дерева решений использовался алгоритм C4.5. Дерево решений было построено в пакете Deductor Studio Lite 5.0. Полученная древовидная схема, представленная на рис. 2, отличается наглядностью и удобством для анализа по сравнению с другими методами.

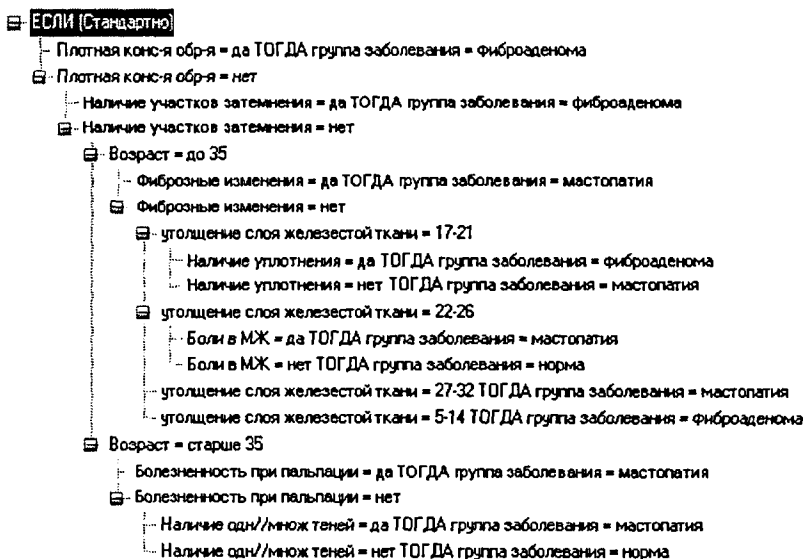


Рис. 2. Дерево решений

Достоверность построенного «дерева решений» была выявлена путем проверки тестовой выборки из 17 историй больных (8 пациенток – с мастопатией, 6 пациенток – с фиброаденомой, 3 пациентки – с ПМС). В итоге неправильный диагноз был поставлен двум пациенткам с мастопатией и одной пациентке с фиброаденомой. Таким образом, достоверность постановки диагноза по методу «деревьев решений» составляет 86 %, а именно 75 %, 83 % и 100 % для мастопатии, фиброаденомы и ПМС соответственно.

Для статистического анализа была определена диагностическая ценность и прогностическая значимость наиболее часто встречающихся клинических и инструментальных признаков мастопатии, фиброаденомы и ПМС методом экспертного оценивания. Диагностическую ценность признаков измеряли количеством информации, которую, по мнению эксперта, вносит данный признак в диагностику состояния, выраженную в баллах по значимости каждого признака для различных ста-

дий заболеваний (1 – наименее значимый признак, 5 – наиболее информативный показатель).

Полученная система признаков исследуемых заболеваний была переведена в бинарную шкалу для дальнейшей обработки следующим образом: каждому признаку, который встречался у пациентки присваивалось значение 1, а признакам, которые отсутствовали – значение 0. Статистический анализ проводился с использованием пакета Statistica 6.0.

Формирование классов осуществлялось с использованием метода Уорда. В качестве меры близости применялось расстояние Евклида. Результаты классификации пациенток приведены на рис. 3.

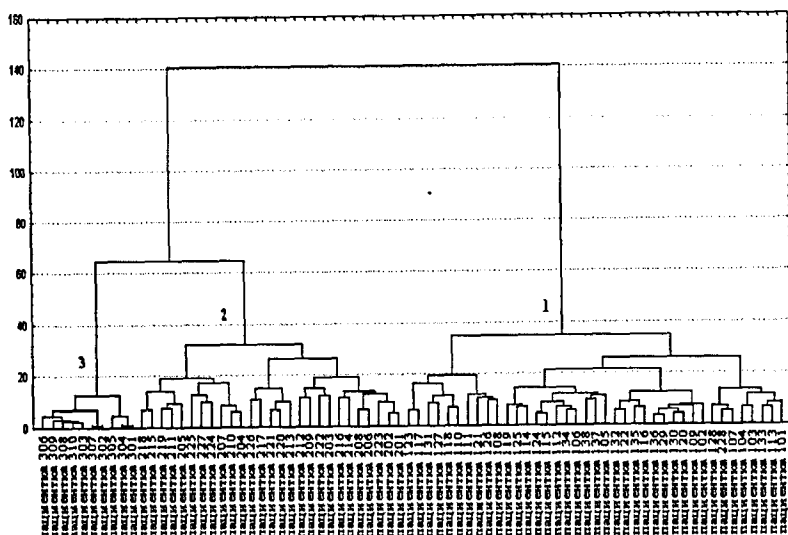


Рис. 3. Дендрограмма иерархической классификации пациенток по заболеваниям молочной железы: 1 – мастопатия, 2 – фиброаденома, 3 – ПМС

Кластеризация проводилась по данным историй болезни 59 пациенток с различными диагнозами. Как видно из дендрограммы, неправильный диагноз был поставлен 1 пациентке. Таким образом, ошибка прогнозирования составила 1,8 %.

Результаты классификации пациенток на основе кластерного анализа в зависимости от различных показателей позволили выделить заболевания молочной железы в отдельные группы.

По результатам классификации был проведен дискриминантный анализ. Информативность симптомов, содержащихся в матрице наблюдений, оценивалась по F-критерию Фишера.

Для проверки статистической значимости использовалось понятие остаточной дискриминантной способности (способность переменных различать классы до определения функции, если исключить информацию, полученную с помощью ранее вычисленных функций). Для этого использовалась Λ -статистика Уилкса.

Математические модели дискриминантной функции для каждого заболевания имеют следующий вид:

$$Y1 = -17,023 + 0,008 * x_1 + 0,265 * x_2 + 3,298 * x_3 - 1,193 * x_4 - 0,784 * x_5 - 0,556 * x_6 - 0,689 * x_7 - 0,157 * x_8 + 1,018 * x_9 - 4,041 * x_{10} + 0,659 * x_{11},$$

$$Y2 = -26,70 - 0,698 * x_1 - 0,099 * x_2 + 0,991 * x_3 - 0,512 * x_4 + 2,839 * x_5 + 3,862 * x_6 + 0,710 * x_7 + 4,088 * x_8 + 4,048 * x_9 - 2,383 * x_{10} + 0,535 * x_{11},$$

$$Y3 = -2,615 + 0,0736 * x_1 + 0,0778 * x_2 + 0,171 * x_3 + 0,112 * x_4 - 0,028 * x_5 - 0,07 * x_6 - 0,141 * x_7 - 0,078 * x_8 + 0,061 * x_9 - 0,536 * x_{10} + 0,084 * x_{11},$$

где $Y1$ – мастопатия, $Y2$ – фиброаденома, $Y3$ – ПМС; x_1 – болезненность при пальпации, x_2 – наличие узла (узлов), x_3 – утолщение слоя железистой ткани, мм, x_4 – дуктэктазия, x_5 – отношение диаметров образования (горизонтальное к вертикальному), x_6 – четкость контуров образования, x_7 – гомогенная структура образ, x_8 – наличие латеральных теней, x_9 – наличие гиперэхогенной капсулы, x_{10} – наличие кальцинатов, x_{11} – обобщенный показатель развития заболеваний МДЖ $R_{об}$.

Значение критерия Уилкса $\Lambda = 0,0019$ стремится к нулю, что говорит о хорошем различии между классами.

На основе полученных дискриминантных функций принадлежности были протестированы 17 пациенток. Из всех

пациенток, для которых была применена данная методика постановки диагноза, двум пациенткам был поставлен неправильный диагноз. Таким образом, достоверность постановки диагноза по дискриминантным функциям составила 92 %, а именно - 75 %, 100 % и 100 % - для мастопатии, фиброаденомы и ПМС соответственно.

Третья глава посвящена построению сетевых моделей постановки диагноза заболеваний мастопатии и фиброаденомы.

Для решения задачи классификации и прогнозирования на базе нейронной сети разработана система постановки диагноза заболеваний МЖ. Для реализации сети был использован пакет Deductor Studio Lite 5.0. Перед построением нейросети исходная совокупность данных была преобразована в бинарную шкалу. Все нейроны сгруппированы в несколько слоев, каждый нейрон в слое принимает все выходные сигналы нейронов предыдущего слоя, а его выходной сигнал рассылается всем нейронам следующего слоя. Функция активации нейронной сети представляет собой сигмоидальный преобразователь и имеет вид $f_{Y_i}(S) = \frac{1}{1 + e^{-0,1S}}$.

В результате предложена полносвязная двухслойная сеть (рис. 4) с 36 входами и 3 выходами, соответствующими классам заболевания. Сеть имеет один скрытый слой, состоящий из 10 нейронов. Обучение сети осуществлялось при помощи 59 обучающих векторов. Сеть обучилась за 3672 цикла.

В результате построения нейросети было получено следующее описание выходного слоя:

$$ZAB_1 = 0,118 * H_{21} + 0,166 * H_{22} - 0,159 * H_{23} + 0,022 * H_{24} - 0,059 * H_{25} + 0,166 * H_{26} + 0,012 * H_{27} - 0,019 * H_{28} - 0,009 * H_{29} - 0,263 * H_{210} + 0,015,$$

$$ZAB_2 = -0,096 * H_{21} - 0,148 * H_{22} + 0,016 * H_{23} + 0,031 * H_{24} + 0,093 * H_{25} - 0,062 * H_{26} + 0,192 * H_{27} + 0,059 * H_{28} + 0,069 * H_{29} + 0,334 * H_{210} - 0,047,$$

$$ZAB_3 = 0,094 * H_{21} + 0,058 * H_{22} + 0,117 * H_{23} - 0,073 * H_{24} + 0,033 * H_{25} - 0,049 * H_{26} - 0,149 * H_{27} - 0,067 * H_{28} + 0,111 * H_{29} - 0,002 * H_{210} - 0,064,$$

где ZAB_1, ZAB_2, ZAB_3 – окончательный диагноз мастопатии, фиброаденомы и ПМС соответственно, $H_{21} \dots H_{210}$ – выход каждого из 10 нейронов скрытого слоя.

Окончательный диагноз определяется из диапазона, соответствующего максимальному значению из диагнозов ZAB_1...ZAB_3.

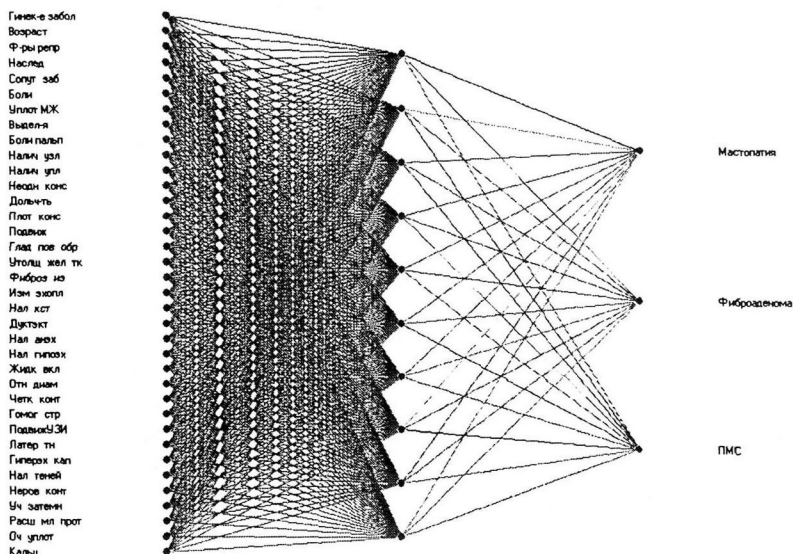


Рис. 4. Двуслойный перцептрон

На основе полученной нейронной модели было проведено тестирование 17 пациенток, 16 пациенткам был поставлен правильный диагноз, что соответствует достоверности постановки диагноза 96 %, а именно 88 %, 100 %, 100 % для мастопатии, фиброаденомы и ПМС соответственно.

Таким образом, разработанная нейросеть адекватно прогнозирует новые наблюдения.

В результате проведенного анализа выявлено, что наиболее эффективным методом для постановки диагноза заболеваний МЖ является метод нейросетевого моделирования.

Для управления последовательностью применения инструментальных и лабораторных методов диагностики заболеваний МЖ разработана сетевая модель, в которой причинно-следственная связь описывается при помощи сети Петри. Узлами такой сети являются наборы классификационных признаков заболеваний, выявленных у пациента (классы условий - позиции), и методики исследования, используемые при проведении методов диагностики (управляющие выводы - переходы сети). Под переходами понимаются события, происходящие в лечебно-диагностической системе (выполнение диагностических, аналитических и вспомогательных операций), а также события, обладающие фиксированной продолжительностью, соответственно, позиции представляют собой условия, выполнение которых влечет за собой реализацию переходов.

Имитационная сетевая модель рассматриваемой задачи диагностики заболеваний МЖ представлена на рис. 5. Функциональные назначения позиций указаны в таблице.

Разработанная сеть Петри, правила функционирования процесса диагностики позволяют отслеживать текущее состояние системы диагностики и проводить вариацию диагностических мероприятий.

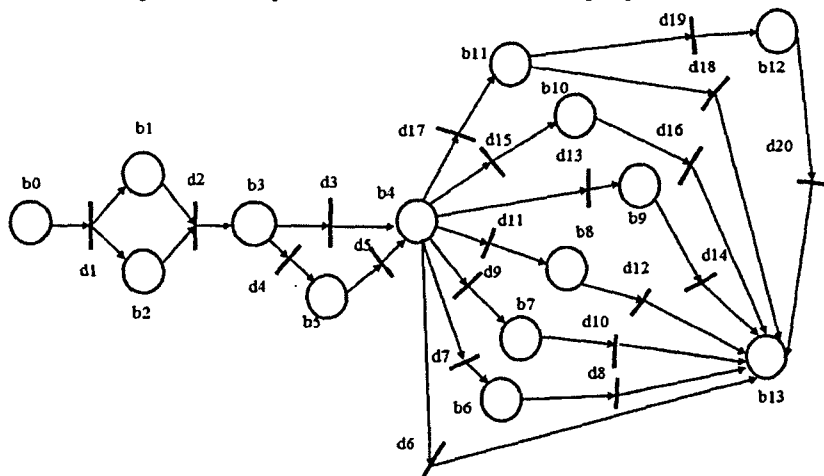


Рис. 5. Сетевая имитационная модель для процесса диагностики заболеваний МЖ

Функциональные назначения позиций

Наименование позиции (события)	Функциональное значение позиции (события)
b0	Начало процесса диагностики
b1	Бимануальное обследование признаков заболеваний
b2	Лабораторно-клинические исследования признаков заболеваний
b3	Ультразвуковое исследование
b4	Предварительный анализ результатов
b5	Рентгеномаммография
b6	Дуктография
b7	Пневмокистография
b8	Компьютерная томография
b9	Термография
b10	СВЧ-радиометрия
b11	Пункциональная биопсия
b12	Цитологический и морфологический методы
b13	Анализ симптоматики и постановка диагноза

В четвертой главе на основе описанных моделей и алгоритмов приведена разработанная автоматизированная система диагностики заболеваний молочных желез. Структурная схема программы, представленная на рис. 6, создана с учетом охвата функциональных звеньев, необходимых для правильного функционирования диагностического процесса.

При помощи программных средств происходит отслеживание движения данных и текущей информации о пациентке, что сопровождается соответствующими выходными формами.

Разработанная автоматизированная система позволяет производить диагностику заболеваний молочной железы на основе данных клинических, бимануальных исследований, ультразвукового обследования и рентгеномаммографии, а также уменьшает трудоемкость принятия решений и обеспечивает принятие эффективных диагностических решений.

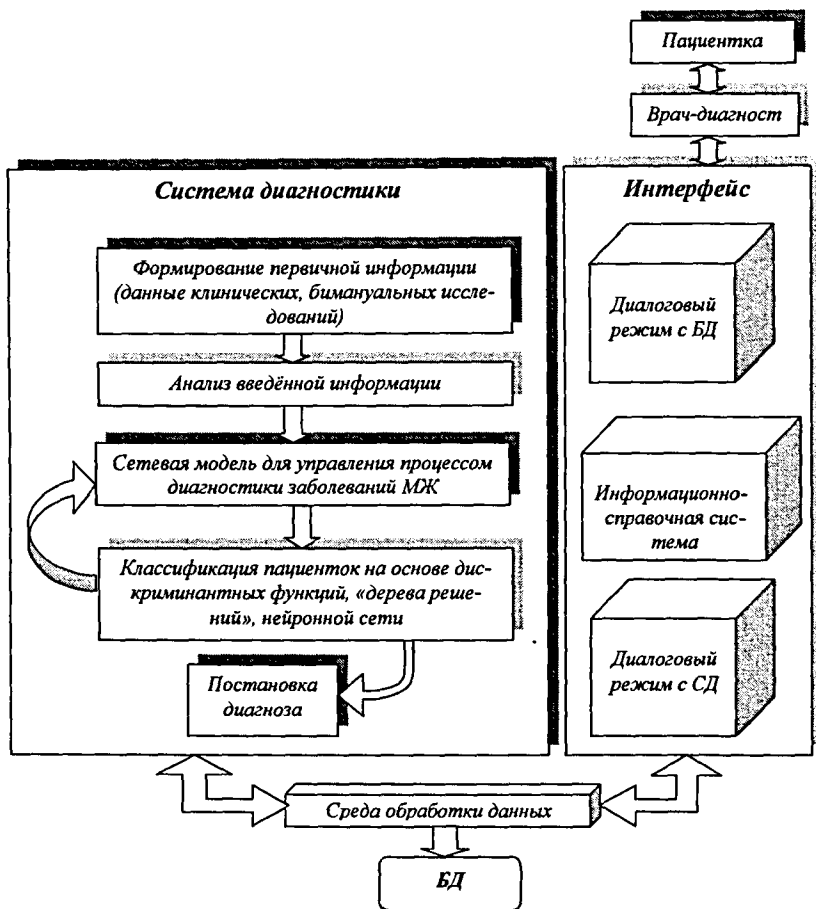


Рис. 6. Структурная схема программы

Автоматизированная система для диагностики заболеваний молочных желез внедрена в работу отдела функциональной диагностики Воронежского областного клинического консультативно-диагностического центра.

В заключении приводятся основные результаты работы.

В приложении помещен акт внедрения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведен анализ математических методов для принятия решений в задачах диагностики заболеваний МЖ.

2. На основе анализа современного состояния проблем заболеваний молочных желез выявлена необходимость разработки моделей, алгоритмов и автоматизированного комплекса, обеспечивающих повышение эффективности диагностики мастопатии и фиброаденомы.

3. Разработана логическая модель отнесения состояния пациентки к одному из классов исследуемых заболеваний на основе метода «деревьев решений».

4. Проведена классификация пациентов по различным диагностическим показателям для определения класса заболевания молочных желез и сформированы дискриминантные функции диагноза.

5. На базе нейронной сети разработана система для диагностики заболеваний молочных желез. Для количественной оценки влияния различных диагностических показателей на выходной сигнал сети была рассчитана их значимость.

6. В результате проведенного анализа наиболее достоверной методикой постановки диагноза мастопатии и фиброаденомы является нейросетевое моделирование.

7. Предложен алгоритм управления процессом диагностики мастопатии и фиброаденомы на основе математического аппарата сетей Петри, что способствует ее эффективному применению методов диагностики при исследовании данных патологий.

8. Разработана автоматизированная система поддержки принятия решений в задачах диагностики мастопатии и фиброаденомы.

9. Материалы работы в виде автоматизированной системы обеспечения рациональной диагностики заболеваний МЖ используются в работе отдела функциональной диагностики Воронежского областного клинического консультативно-диагностического центра.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Ю.Е. Сумина. Разработка логических моделей постановки диагноза заболеваний молочных желез с помощью имитационного моделирования и дерева решений / Ю.Е. Сумина, И.Я. Львович // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т.6. № 10. С. 151-154.

2. Ю.Е. Сумина. Построение моделей постановки диагноза заболеваний молочных желез с применением статистического моделирования и нейронных сетей / Ю.Е. Сумина, И.Я. Львович // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т.7. № 5. С. 4-9.

Статьи и материалы конференций

3. Запорожцева Ю.Е. (Сумина). Анализ современных методов диагностики мастопатии / Ю.Е. Запорожцева (Сумина), И.Я. Львович, Е.И. Новикова // Управление процессами диагностики и лечения: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2008. С. 34-37.

4. Запорожцева Ю.Е. (Сумина). Современное состояние проблем заболеваний молочных желез / Ю.Е. Запорожцева (Сумина), И.Я. Львович, Е.И. Новикова // Интеллектуальные информационные системы: труды Всерос. конф. Воронеж: ВГТУ, 2009. С. 277-278.

5. Запорожцева Ю.Е. (Сумина). Особенности диагностики заболеваний молочных желез / Ю.Е. Запорожцева (Сумина), И.Я. Львович, Е.И. Новикова // Моделирование и управление процессами в здравоохранении: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2009. С. 19-22.

6. Моделирование процесса управления постановкой диагноза заболеваний молочных желез на основе сетей Петри / Ю.Е. Запорожцева (Сумина), И.Я. Львович, Е.И. Новикова, А.Н. Качурина // Прикладные задачи моделирования и оптимизации: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2009. С. 211-214.

7. Запорожцева Ю.Е. (Сумина). Алгоритм процесса диагностики заболеваний молочных желез на основе имитационного моделирования / Ю.Е. Запорожцева (Сумина), И.Я. Львович // Актуальные проблемы инновационных систем информатизации и безопасности: материалы междунар. науч.-практ. конф. Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2010. Ч. 2. С. 356-359.

8. Исследование и анализ характеристик заболеваний молочных желез / Ю.Е. Сумина, И.Я. Львович, Е.И. Новикова, А.Н. Качурина // Интеллектуальные информационные системы: труды Всерос. конф. Воронеж: ВГТУ, 2010. С. 178-179.

9. Сумина Ю.Е. Применение статистического моделирования для диагностики заболеваний молочных желез / Ю.Е. Сумина, Е.И. Новикова // Моделирование и управление процессами в здравоохранении: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2010. С. 57-60.



Подписано в печать 14.11.11г.
Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.
Усл.печ.л. 1,1. Тираж 85 экз. Заказ № 266
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет
394026 Воронеж, Московский проспект. 14