

На правах рукописи



Гнездилов Александр Александрович

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ, ОЦЕНКИ
ТЯЖЕСТИ ТЕЧЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСХОДОВ
ВИРУСНОГО ГЕПАТИТА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Курск 2009

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Курский государственный технический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ
Корневский Николай Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
Лопин Вячеслав Николаевич

кандидат технических наук, доцент
Руденко Вероника Викторовна

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет» (г. Воронеж)

Защита диссертации состоится «30» июня 2009 г. в 12 часов в конференц-зале на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.105.03 при ГОУ ВПО Курском государственном техническом университете по адресу: 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Курский государственный технический университет», по адресу г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Автореферат разослан «28» мая 2009г.

Текст автореферата размещен на сайте <http://www.kurskstu.ru/diss/> 26 мая 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета
к.ф.-м.н, профессор



Ф.А. Старков

Общая характеристика работы

Актуальность работы. В последние годы отмечается значительное увеличение заболеваемости острыми и хроническими вирусными гепатитами, особенно среди лиц молодого работоспособного возраста (Шляхтенко Л.И., Онищенко Г.Г., Шаханина И.Л.)

Несмотря на значительные успехи современной медицины в диагностике вирусного гепатита, данное заболевание представляет глобальную проблему, все еще далекую от своего решения. Согласно данным ВОЗ в разных странах мира инфицировано или перенесли заболевание до 2 млрд. человек. На современном этапе сохраняется высокий эпидемический потенциал всех известных вирусных гепатитов. Чрезвычайно велика (от 17 до 90%) инфицированность больных отделений гемодиализа, трансплантации органов, гематологических стационаров [Соринсон С.Н., Берштейн М.М., Шувалова Е.П., Лобзин Ю.В.].

В настоящее время, несмотря на развитие инструментальных и лабораторных методов клинической диагностики, отмечается рост числа латентных форм заболеваний вирусным гепатитом, протекающих бессимптомно или без характерно выраженных признаков, не вызывающих жалоб и обращений за медицинской помощью, что определяет высокий риск перехода болезни в хроническую форму, диагностируемую на поздних стадиях. Существующие методы диагностики вирусного гепатита основаны на проведении специфичных рутинных исследований, которые требуют значительных затрат времени и средств, что неприемлемо в таких условиях как скрининг-диагностика и массовые обследования населения. Кроме того, они не позволяют на ранних стадиях болезни обеспечить требуемое качество диагностики вирусного гепатита, что снижает их эффективность и затягивает начало лечебно-профилактических мероприятий.

Повысить достоверность диагностических мероприятий и прогнозирования исходов вирусного гепатита с учетом ограничений на оперативность, стоимость и качество принимаемых решений можно, применяя методологию системного анализа, опирающуюся на современные информационные технологии, а так же нечеткую логику принятия решений.

Это позволит рационализировать подход к ведению больных, повысить эффективность лечения, сократить сроки нетрудоспособности и снизить процент хронических форм болезни.

С учетом сказанного, актуальность темы исследования определяется необходимостью повышения эффективности диагностики вирусного гепатита на ранних стадиях, оценки тяжести течения болезни и прогнозирования исходов на основе современных математических методов и информационных технологий, что позволит своевременно начать лечебно-профилактические мероприятия, планировать индивидуальную тактику ведения больного и за счет этого повысить качество оказания медицинских услуг населению.

Работа выполнена в соответствии с Федеральной целевой программой «Предупреждение и борьба с социально значимыми заболеваниями (2007 - 2011 годы)» «Вирусные гепатиты» и научным направлением Курского государственного технического университета «Медико-экологические информационные технологии».

Цель работы. Разработка методов, моделей, алгоритмов и технических средств для системы поддержки принятия решений врача-инфекциониста, обеспечивающих повышение качества ранней диагностики, оценки тяжести течения и прогнозирования исходов вирусного гепатита за счет использования комбинированных нечетких решающих правил в сочетании с методами рефлексодиагностики.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- на основании данных об этиологии и патогенезе исследуемого заболевания и данных разведочного анализа сформировать пространство информативных признаков и обосновать выбор типа решающих правил;
- разработать технические средства измерения электрических характеристик биологически активных точек;
- разработать метод синтеза и систему решающих правил для ранней диагностики, оценки тяжести течения и прогнозирования исходов вирусного гепатита;
- синтезировать меридианные модели взаимодействия внутренних структур организма, меняющих свои энергетические характеристики при заболевании печени, с поверхностными биологически активными точками;
- разработать алгоритм управления процессами принятия решений для системы поддержки принятия решений врача-инфекциониста и ее структуру;
- провести апробацию предложенных методов и средств на контрольных выборках.

Методы исследований. Для решения поставленных задач использовались методы системного анализа и управления в биотехнических системах, математической статистики, теории распознавания образов, теории нечеткой логики принятия решений, рефлексологии и экспертного оценивания, пакетов математического моделирования и расчетов MATLAB 7.0.1 и Statistica 6.0.

Научная новизна исследования. В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

- система информативных признаков для ранней диагностики, оценки тяжести течения болезни и прогнозирования исходов вирусного гепатита, отличающаяся тем, что совместно с традиционно используемыми признаками в их состав включены значения электрического сопротивления биологически активных точек, “связанных” с заболеванием печени и величиной скорости изменения этих сопротивлений, что при построении

соответствующих решающих правил позволяет обеспечить требуемое для практики качество классификации;

- метод синтеза и система нечетких решающих правил для ранней диагностики, оценки тяжести течения болезни и прогнозирования исходов вирусного гепатита, отличающиеся использованием итерационных правил нечеткого вывода с функциями принадлежности, носители которых определяются по характеру изменения сопротивлений биологически активных точек с изменяемым шагом наблюдений, что позволяет повысить достоверность в принимаемых решениях по всем исследуемым классам состояний;

- способ получения носителей функций принадлежности нечетких решающих правил для выбранного класса заболеваний, отличающийся тем, что в ходе обучения получают параметры фильтров, сглаживающих флуктуации измеряемых сопротивлений, обеспечивающих повышение устойчивости измерительной процедуры для электрических характеристик биологически активных точек;

- алгоритм управления процессами принятия решений в системе поддержки принятия решений врача-инфекциониста, отличающийся возможностью работы в разнородном, нечетком и неполном признаковом пространстве, и обеспечивающий рациональное планирование лечебно-оздоровительными мероприятиями для пациентов, болеющих вирусным гепатитом;

- меридианная модель взаимодействия внутренних структур организма, меняющих свои энергетические характеристики при заболевании печени с соответствующими биологически активными точками, использование которой позволяет рационализировать процессы рефлексодиагностики и рефлексотерапии при вирусном гепатите.

Практическая значимость и результаты внедрения работы.

Разработанные методы, модели, решающие правила и алгоритмы составили основу построения системы поддержки принятия решений врача-инфекциониста, клинические испытания которой показали целесообразность ее использования в медицинской практике.

Применение предложенных в диссертации разработок позволяет повысить эффективность диагностики ранних стадий вирусного гепатита, проводить оценку тяжести течения болезни и прогнозировать исход заболевания, а также индивидуально подходить к стратегии ведения больного, что позволит повысить эффективность и сократить сроки лечения за счет его своевременного начала.

Основные теоретические и практические результаты работы приняты к внедрению в ОГУЗ «Областная клиническая инфекционная больница» имени Н.А. Семашко и в учебном процессе Курского государственного технического университета при подготовке специалистов по направлению «Биомедицинская инженерия».

Экономическая и социальная значимость результатов диссертационного исследования состоит в улучшении качества медицинского обслуживания населения.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на 4 Международной научно-технической конференции «Медико-экологические информационные технологии -2001» (Курск, 2001), 5 Международной научно-технической конференции «Медико-экологические информационные технологии -2002» (Курск, 2002), 8 Международной научно-технической конференции «Медико-экологические информационные технологии -2005» (Курск, 2005), VII конференции врачей-инфекционистов «Новые технологии в диагностике и лечении инфекционных болезней» (Н.Новгород, 2006); научно-практической конференции «Инфекционные болезни: проблемы здравоохранения и военной медицины» (С.Петербург, 2006); 9 Международной научно-технической конференции «Медико-экологические информационные технологии -2006» (Курск, 2006), 9 Международной научно-технической конференции «Современная техника и технологии в медицине, биологии и экологии» (Южно-Российский гос. техн. ун-т. Новочеркасск, 2008); а также на научно-технических семинарах кафедры биомедицинской инженерии Курского государственного технического университета (Курск, 2001-2009).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, перечень которых приведен в конце автореферата. Из них 1 работа в журнале, рекомендованном ВАК РФ.

Личный вклад автора. В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, в [1,3,4,7,8,10] автором предложены основные узлы и комплексы алгоритмических и технических средств измерения и анализа электрических характеристик биологически активных точек, в [2] и [5] соискатель приводит результаты использования методов рефлексологии в диагностике и лечении вирусных гепатитов, в [11] автор приводит результаты исследования изменения электрических характеристик биологически активных точек при протекании постоянного тока различной силы и длительности воздействия, в [12] автором предложена программно-аппаратная система измерения электрических характеристик биологически активных точек применительно к решению задачи ранней диагностики вирусного гепатита, в [13] соискатель приводит результаты применения методов рефлексологии в диагностике и прогнозировании исходов вирусных гепатитов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка, включающего 105 наименований. Объем диссертации 153 страницы машинописного текста, 52 рисунка и 17 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, определены цели и задачи работы, ее научная новизна и практическая значимость; определены методы решения сформулированных задач; приведены сведения об апробации и внедрении результатов работы.

В первой главе проанализированы современные подходы к решению задач прогнозирования, диагностики и управления состоянием здоровья людей и показано, что улучшить качество медицинского обслуживания этого контингента населения можно при использовании современных математических методов, включая теорию нечеткой логики принятия решений и информационные технологии в сочетании с методами рефлексодиагностики и рефлексотерапии. В заключении главы определяются цель и задачи исследования.

Во второй главе определяются объект, методы и средства исследования, формируется пространство информативных признаков и разрабатываются методы и математические модели ранней диагностики вирусного гепатита и прогнозирования его исходов на основе правил нечеткого вывода.

Анализ наиболее существенных факторов риска, энергетической реакции биологически активных точек, связанных с заболеванием печени и структуры классификационных пространств показал, что измеряемые информативные признаки по отношению к задачам прогноза и диагностики носят неполный и нечеткий характер, а структура классов, относительно которых принимается решение, имеет нечеткие границы с зонами пересечения, переходящими из класса в класс. В таких условиях в качестве основного математического аппарата целесообразно использовать теорию нечеткой логики принятия решений, в рамках которой частные решения по информативным признакам x_i принимаются с использованием функций принадлежности $\mu_{\omega_l}(x_i)$ к рассматриваемым классам ω_l , а синтез промежуточных и финальных решающих правил осуществляется при использовании формул расчета соответствующих коэффициентов уверенности KU_{ω_l} .

На основании проведенного разведочного анализа в соответствии с рекомендациями по синтезу нечетких решающих правил, разработанных на кафедре биомедицинской инженерии КурскГТУ, среди множества форм представления функций принадлежности, были выбраны кусочно-линейная и квадратичная формы, а для признаков представляемых двоичными кодами – выражение вида:

$$\mu_{\omega_l}(x_i) = \begin{cases} A, & \text{если } x_i = 0; \\ B, & \text{если } x_i = 1, \end{cases} \quad (1)$$

где А и В – числовые значения уверенностей в классе ω_l от наличия или отсутствия признака x_i .

Вид и форма функций принадлежности выбирается экспертами, исходя из обеспечения наилучшего приближения аналитических зависимостей, экспериментальным данным по критерию минимальной ошибки классификации и прогноза.

Исходя из особенностей решаемых задач в качестве базовых нечетких агрегирующих формул в работе используются следующие выражения:

1. Если $\mu_{\omega_\ell}(x_i)$ обладает свойствами меры увеличения доверия по Шортлифу, то для расчета коэффициента уверенности используется итерационная формула типа:

$$KY_{\omega_\ell}(i+1) = KY_{\omega_\ell}(i) + \mu_{\omega_\ell}(x_{i+1})[1 - KY_{\omega_\ell}(i)], \quad (2)$$

где $KY_{\omega_\ell}(i)$ уверенность в прогнозе (диагнозе) ω_ℓ на i -ом шаге итерации;

$\mu_{\omega_\ell}(x_{i+1})$ - функция принадлежности к классу ω_ℓ для признака с номером $i+1$ на носителе x_{i+1} ; $KY_{\omega_\ell}(1) = \mu_{\omega_\ell}(x_1)$ - уверенность в прогнозе (диагнозе) ω_ℓ по признаку x_1 на первом шаге итерации.

2. Для агрегации частных составляющих при условии, что каждая из них одинаково важна в принятии решений, используется формула вида:

$$KY_{\omega_\ell}(i) = \max_i \{ \mu_{\omega_\ell}(i) \}. \quad (3)$$

3. Если эксперты отдадут предпочтение нечеткому продукционному выводу, то используется правило вида:

$$\text{ЕСЛИ } Q \text{ ТО } (KY_{\omega_\ell} = F_1(\mu_{\omega_\ell}(x))) \text{ ИНАЧЕ } (KY_{\omega_\ell} = F_2(\mu_{\omega_\ell}(x))), \quad (4)$$

где Q – логическое условие; F_1 и F_2 правила агрегации соответствующих функций принадлежности.

На основании этиологии и патогенеза исследуемого заболевания и с учетом мнения высококвалифицированных экспертов был определен список информативных признаков, традиционно используемых в медицине в следующем составе: признаки, формируемые по результатам опроса: x_1^1 – общая слабость, x_1^2 – снижение аппетита, x_1^3 – толерантность к пище, богатой жирами, x_1^4 – тошнота, x_1^5 – боли в правом подреберье, x_1^6 – зуд кожи; факторы, повышающие риск заболевания вирусным гепатитом: x_2^1 – фактор несбалансированного питания, x_2^2 – фактор табакокурения, x_2^3 – фактор приема алкоголя, x_2^4 – работа, связанная с токсичными веществами (лакокрасочные работы, работа с химикатами и т.п.), x_2^5 – фактор употребления наркотических средств (наркомания), x_2^6 – гемоконтактный фактор (переливание крови, процедуры гемодиализа, оперативное вмешательство); признаки, полученные инструментальными методами исследования: по результатам УЗИ печени - x_3^1 – звукопроводность,

x_3^2 – эхогенность, x_3^3 – четкость контуров печени, x_3^4 – отклонение геометрических размеров печени от нормы, x_3^5 – наличие дополнительных образований; по результатам исследования биохимического анализа крови и обмена билирубина: x_4^1 – показатель АЛаТ (аланинаминотрансфераза), x_4^2 – показатель АСаТ (аспартатаминотрансфераза), x_4^3 – показатель общего билирубина.

Проведенные исследования показали, что использование только традиционно принятых в медицинской практике признаков не обеспечивают требуемого для практики качества классификации, поэтому в качестве дополнительных информативных признаков исследовались прогностические и диагностические возможности биологически активных точек, связанных с заболеванием печени (точки AP97, RP5, VB24, VB38, VB40, F2, F3, F8 и F14).

В ходе этих исследований было установлено, что при заболевании вирусным гепатитом динамика изменения сопротивления имеет относительно “медленное” увеличение или снижение относительно номинального значения на ранней стадии заболевания, когда клинические проявления болезни практически отсутствуют. Переход болезни в активную стадию отмечается ускорением изменения сопротивления с достижением предельного значения и стабилизацией. При проведении назначенных лечебных мероприятий наблюдается “плавное” изменение сопротивления БАТ в сторону его номинального значения.

Анализ тенденции в поведении электрического сопротивления биологически активных точек на различных стадиях заболевания вирусным гепатитом показал, что специфика информации “выводимой” организмом на соответствующие точки снижает качество решения классификационных задач при использовании традиционных подходов.

Поэтому в работе предлагается оригинальный **метод синтеза нечетких решающих правил**, обеспечивающий решение поставленных в работе задач, включающий следующие основные этапы.

1. По атласу меридианов выбираются биологически активные точки, связанные с заболеванием печени, и создаются обучающие выборки по классам: ω_0 - относительно здоровые люди, ω_1 - пациенты с донозологической (ранней) стадией заболевания вирусным гепатитом; ω_2 – удовлетворительное состояние; ω_3 – состояние средней тяжести; ω_4 – тяжелое состояние; ω_5 – высокая вероятность перехода в хроническую форму, ω_6 – благоприятный прогноз выздоровления.

2. По обучающей выборке класса ω_0 определяется номинальное значение сопротивлений БАТ Z_H как средняя величина по выборке относительно здоровых людей и “коридор нормы” по “правилу трех сигм” с верхней $Z_{ПВ}$ и нижней $Z_{ПН}$ граничными значениями сопротивлений.

3. По обучающим выборкам всех выбранных классов через выбранные интервалы времени Δt_q , заданное экспертами число раз измеряется

электрическое сопротивление БАТ Z_q , производится измерение и анализ частотного спектра с выделением составляющих, информативных по отношению к исследуемым классам состояний. По параметрам частотного спектра определяются параметры фильтров, позволяющие повысить помехоустойчивость информативных признаков.

4. По каждой из выбранных БАТ формируются носители функций принадлежности в соответствии со следующим **способом**:

4.1 для текущего сопротивления БАТ – Z_q

- при первом измерении Z_1 носитель равен измеренному сопротивлению;

- при повторном измерении Z_2 носитель определяется как среднее двух измерений ($[Z_1 + Z_2]/2$);

- на третьем и последующих измерениях данные подвергаются предварительной обработке фильтром, параметры которого получены в п.4.1 (фильтр низких частот (ФНЧ) третьего порядка с конечной импульсной характеристикой, рассчитываемой с помощью утилиты Filter Design & Analysis пакета MatLab 7.0.1)

4.2 носитель по скорости изменения сопротивления БАТ ΔZ_q определяется по тем же правилам, что и для Z_q .

5. По всем выделенным классам, используя методику, разработанную на кафедре биомедицинской инженерии, высококвалифицированные эксперты под руководством инженера по знаниям определяют форму и параметры функций принадлежности к выбранным классам состояний с носителями S и ΔS , полученными в ходе обработки показателей Z_q и ΔZ_q по способу, предложенному в пунктах 4.1 и 4.2.

6. На первом этапе синтеза функций принадлежности формируются обучающие выборки для классов ω_0 и ω_1 . По этим выборкам определяются функции принадлежности $\mu_{\omega_0}(S_j)$, $\mu_{\omega_0}(\Delta S_j)$ и $\mu_{\omega_1}(S_j)$, $\mu_{\omega_1}(\Delta S_j)$, где

$j = AP97, RP5, VB24, VB38, VB40, F2, F3, F8, F14$.

Агрегация функций принадлежности по выбранной системе биологически активных точек осуществляется путем модификации выражения (2):

$$KY_{\omega_\ell}^*(p+1) = KY_{\omega_\ell}^*(p) + \mu_{\omega_\ell}(S_j)[1 - KY_{\omega_\ell}^*(p)], \quad (5)$$

$$KY_{\omega_\ell}^{**}(p+1) = KY_{\omega_\ell}^{**}(p) + \mu_{\omega_\ell}(\Delta S_j)[1 - KY_{\omega_\ell}^{**}(p)], \quad (6)$$

$$KY_{\omega_\ell}^B = KY_{\omega_\ell}^* + KY_{\omega_\ell}^{**}[1 - KY_{\omega_\ell}^*], \quad (7)$$

где $KY_{\omega_\ell}^*(p)$, $KY_{\omega_\ell}^{**}(p)$ - уверенность в принятии решения по классу ω_ℓ после проведения p итераций по признакам S_j и ΔS_j соответственно; $KY_{\omega_\ell}^*(p+1)$, $KY_{\omega_\ell}^{**}(p+1)$ – уверенность в ω_ℓ после анализа свидетельства,

поступившего на $p+1$ -ом шаге итерации; $KY_{\omega_\ell}^*(1) = \mu_{\omega_\ell}(S_1)$ и $KY_{\omega_\ell}^{**}(1) = \mu_{\omega_\ell}(\Delta S_1)$.

Предпочтение в классификации отдается по условию вида:

$$KY_{\omega_\ell}^B = \max_{\ell} (KY_{\omega_\ell}^B). \quad (8)$$

Для класса ω_1 $\ell = 0, 1$.

7. Для дифференциальной диагностики вирусного гепатита создается обучающая выборка из людей с точно установленным диагнозом вирусный гепатит по классам $\omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5$ и ω_6 с определением соответствующих функций принадлежности.

Причем для классов ω_2, ω_3 и ω_4 коэффициенты уверенности вычисляются по формулам 5,6,7 и 8 со «своими» функциями принадлежности (при $\ell = 2, 3, 4$), а для классов ω_5 и ω_6 по формулам 5,7 и 8 (при $\ell = 5, 6$).

8. При наличии объектов контрольной выборки с использованием специализированного пакета прикладных программ производится коррекция параметров функций принадлежности в соответствии с выбранным критерием качества классификации (диагностическая специфичность (ДС), диагностическая чувствительность (ДЧ), прогностическая значимость положительных (ПЗ+) и отрицательных (ПЗ-) результатов, диагностическая эффективность (ДЭ)).

В соответствии с предложенным методом по каждому из выделенных классов были получены соответствующие функции принадлежности и синтезированы **системы нечетких решающих правил**. В качестве примеров на рис.1 показаны графики функций принадлежности к классу ω_4 по признакам S_{AP97} и ΔS_{AP97} , а на рис.2 к классу ω_6 по признакам S_{F2} и ΔS_{F2} , где носитель S имеет размерность в единицах кОм.

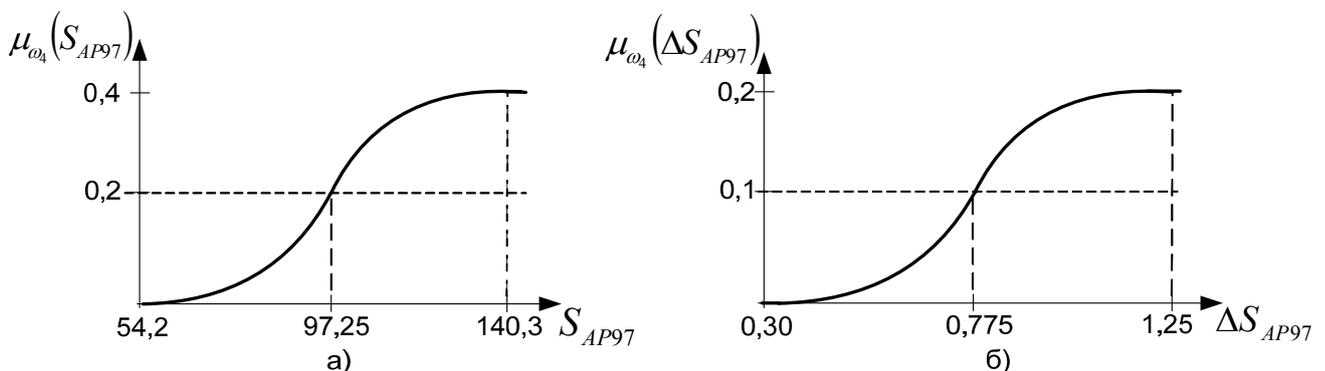


Рис. 1 Графики функций принадлежности по признаку S_{AP97} - а) и ΔS_{AP97} - б)

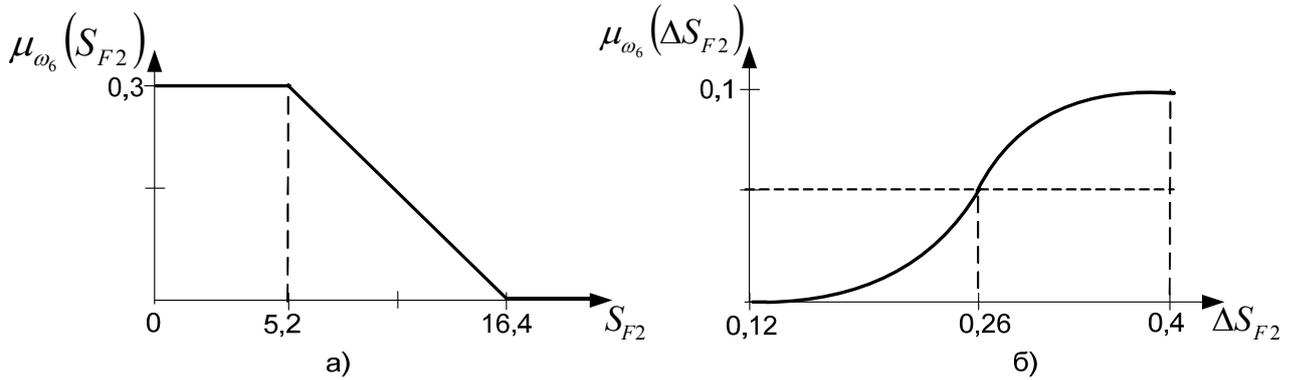


Рис. 2 Графики функции принадлежности по признаку S_{F2} - а) и ΔS_{F2} - б)

В ходе экспертного оценивания и математического моделирования было показано, что анализ электрических характеристик биологически активных точек при решении задач донозологической (ранней) диагностики вирусного гепатита (класс ω_1) при использовании формул (5, 6, 7 и 8) позволяет достигать уверенности в правильной классификации уровня 0,77; при определении тяжести течения болезни (классы ω_2 , ω_3 и ω_4) значение $KY_{\omega_l}^B$ достигает величины 0,82; при прогнозировании исходов вирусного гепатита (классы ω_5 и ω_6) - 0,91.

Для признаков, формируемым по данным опроса, инструментальным и лабораторным методам исследования, а также по факторам, повышающим риск заболевания вирусным гепатитом, строятся функции принадлежности $\mu_{\omega_i}(x_i)$ по каждому i -му признаку для всех классов.

Коэффициент уверенности по этим признакам рассчитывается по итерационной формуле (2).

По системе традиционных признаков достигаются следующие коэффициенты уверенности: $KY_{\omega_2}=0,61$; $KY_{\omega_3}=0,68$; $KY_{\omega_4}=0,71$; $KY_{\omega_5}=0,65$; $KY_{\omega_6}=0,69$.

Расчет финального обобщенного коэффициента уверенности по значениям сопротивления и его динамики биологически активных точек и по традиционно используемым признакам для класса ω_1 рассчитывается по формуле:

$$KY_{\omega_l}^0 = KY_{\omega_l}^B + KY_{\omega_l} [1 - KY_{\omega_l}^B]. \quad (9)$$

В ходе проверки качества классификации решающих правил для классов ω_l ($l = 2, \dots, 6$) было установлено, что правило (9) не обеспечивает требуемого качества классификации. Дополнительно проведенный разведочный анализ в соответствии с рекомендациями, сформулированными на кафедре биомедицинской инженерии КурскГТУ показал, что выражение (9) для этих классов целесообразно использовать как носитель функций принадлежности к искомым классам состояний - $\mu_{\omega_l}(KY_{\omega_l}^0)$. На рис.3

приведены графики функций принадлежности к классам $\omega_2, \dots, \omega_6$, полученные экспертным путем и проверены в ходе статистических исследований.

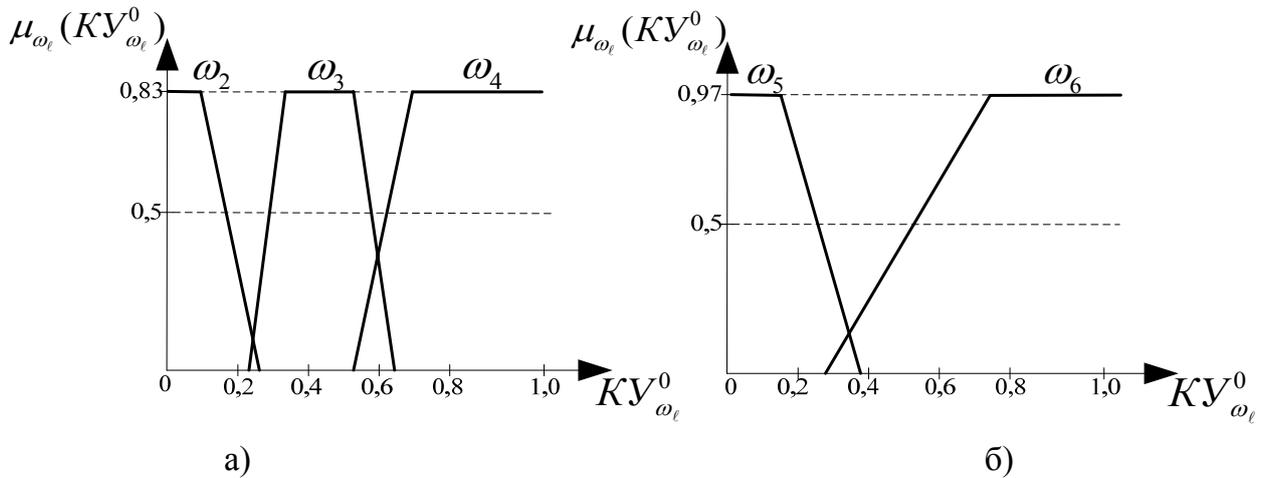


Рис. 3 Графики функций принадлежности для классов $\omega_2, \omega_3, \omega_4$ - (а) и ω_5, ω_6 - (б) по носителю $KY_{\omega_i}^0$

Обобщенный коэффициент уверенности $KY_{\omega_i}^0$ в классификации донозологической (ранней) стадии вирусного гепатита (класс ω_1) достигает значения 0,93, для классов $\omega_2, \omega_3, \omega_4$ его величина достигает значения 0,9, для классов ω_5 и ω_6 составляет 0,96, при условии, что для $\omega_2, \dots, \omega_6$ финальные коэффициенты уверенности определяются соответствующими функциями принадлежности $KY_{\omega_i}^F = \mu_{\omega_i}(KY_{\omega_i}^0)$.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что показатели качества работы полученных решающих правил по мнению экспертов приемлемы для внедрения в медицинскую практику.

В третьей главе разрабатываются основные элементы системы поддержки принятия решений врача-инфекциониста, для которой синтезируется **меридианная модель** взаимодействия биологически активных точек со структурами организма, связанными с заболеваниями печени.

В компьютерном варианте меридианная модель используется вместе с блоком раскраски моделей, который расцвечивает изображение биологически активных точек и их связи в различные цвета, соответствующие их энергетическому состоянию.

В ходе исследований на этапе прогнозирования и диагностики производится измерение энергетических характеристик биологически активных точек, по которым раскрашиваются соответствующие элементы моделей, а на этапе проведения лечебно-оздоровительных мероприятий врач, наблюдая раскрашенные элементы модели, связанные с вирусным гепатитом, определяет тип, интенсивность и продолжительность воздействия с тем, чтобы нормализовать энергетику меридианных биологически активных точек. При этом хорошо прослеживается динамика процесса

коррекции. Визуально видно, на какие сопутствующие ситуации направлено воздействие и как оно повлияет на работу сопряжено работающих органов и (или) систем.

Для управления системой поддержки принятия решений со стороны пользователя в работе предлагается соответствующий **алгоритм управления процессами принятия решений**, который состоит из трех основных блоков.

В первом блоке решаются задачи выбора факторов риска, повышающих вероятность заболевания вирусным гепатитом, экспертным путем определяются вид и параметры соответствующих функций принадлежности, производится синтез частных и общих коэффициентов уверенности в принимаемых решениях для выбранного класса задач. Если в распоряжении пользователей имеются обучающие и контрольные выборки достаточного объема, то решаются задачи уточнения параметров решающих правил полученных экспертным путем.

Во втором блоке осуществляется вычисление значений функций принадлежности и расчет частных и финальных коэффициентов уверенности по исследуемому классу заболевания, в результате чего диагностируется ранняя форма вирусного гепатита, оценивается тяжесть течения и/или прогнозируется исход болезни.

В третьем блоке формируются рекомендации по коррекции энергетического состояния анализируемых биологически активных точек, «связанных» с исследуемым классом заболеваний и с сопутствующими патологиями, что позволяет понизить степень его тяжести, уменьшить вероятность хронизации или увеличить шансы на благоприятный прогноз выздоровления.

Анализ специальной литературы показал, что существующие системы поддержки принятия решений (СППР), включая системы, ориентированные на диагностику и терапию инфекционных болезней, не решают поставленных в данной работе задач. В связи с этим была разработана структура базы знаний и ряда других блоков прикладного программного обеспечения для соответствующей СППР, которая решает задачи управления процессами обучения, прогнозирования и диагностики с учетом индивидуальных особенностей организма.

Структурная схема предлагаемой системы поддержки принятия решений приведена на рис.4.

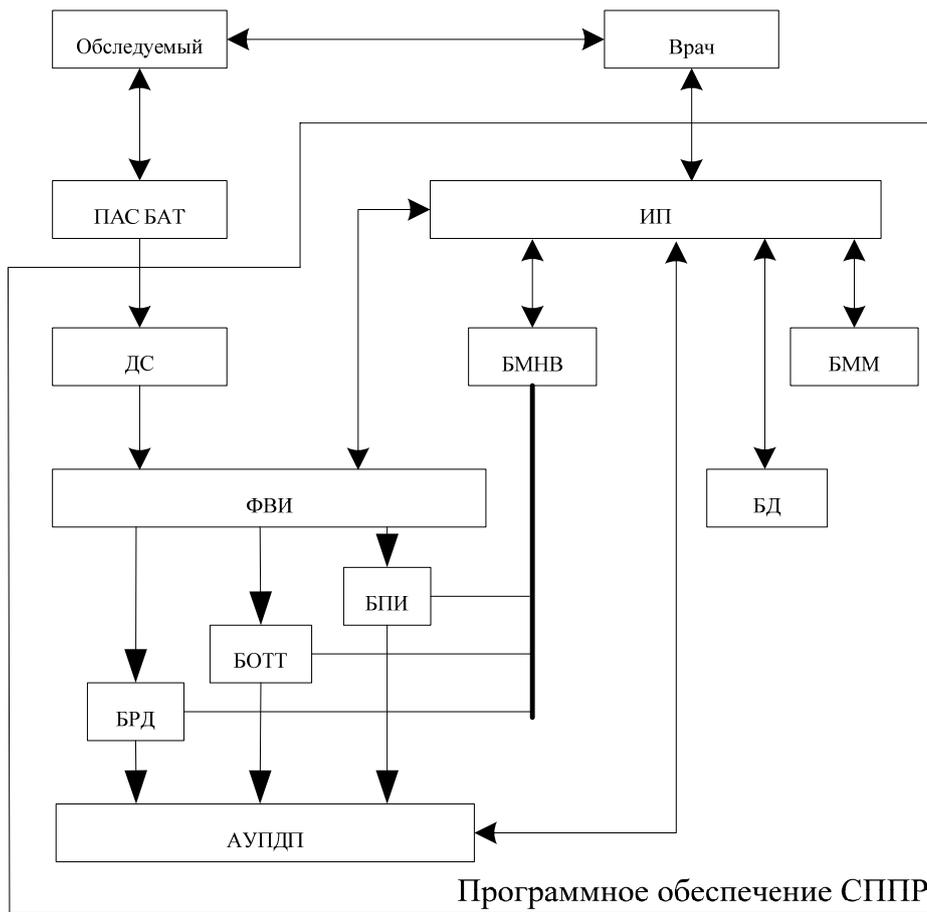


Рис. 4 Структура системы поддержки принятия решений врача-инфекциониста

Для работы с биологически активными точками в работе предлагается использовать устройство поиска, анализа и стимуляции БАТ (ПАС БАТ) и специально разработанный пакет прикладных программ. Рефлексотерапия осуществляется ПАС БАТ в соответствии с назначенными врачом параметрами длительности и силы тока.

Измеряемое комплексное сопротивление выбранных информативных БАТ, имеющих энергетическую связь с печенью, регистрируются ПАС БАТ и в цифровом коде через драйвер связи (ДС) передаются в файл входной информации (ФВИ), в который поступают также данные опроса, осмотра, результаты инструментальных и лабораторных исследований. Эти данные вводятся в СППР с клавиатуры с помощью интерфейса пользователя в интерактивном режиме. Информация о том, что необходимо ввести, формируется в виде предложений, предлагаемых врачу в многооконном режиме.

Режим ранней диагностики реализуется блоком ранней диагностики (БРД), блок БОТТ реализует выполнение алгоритма оценки тяжести течения болезни, блок БПИ реализует алгоритм прогнозирования исходов заболевания. Взаимодействие блоков программного обеспечения СППР и врача реализуется алгоритмом управления процессами диагностики и

прогнозирования (АУПДП), результаты выполнения которого представляются пользователю на мониторе ПЭВМ.

В базе данных (БД) формируется медицинская карта пациента, содержатся рекомендации проведения электрорефлексотерапии и другая справочная информация.

Из банка меридианных моделей (БММ) пользователь может извлечь модели исследуемого заболевания, по которым можно проследить, какие изменения в организме приводят к изменению энергетики соответствующих биологически активных точек.

Оригинальным блоком СППР, от которого во многом зависит качество классификации является ПАС БАТ, схема которого приведена на рис. 4.

Безопасность проведения процедуры измерения обеспечивается, с одной стороны, использованием средств дезинфекции электродов, с другой стороны, использованием небольших напряжений в измерительной цепи (до 3В), а так же, использованием телекоммуникационного канала передачи данных Bluetooth между ПЭВМ и устройством измерения.

Ядром устройства является специализированное вычислительное устройство (СВУ), выполненное на программируемой логической интегральной схеме XC3S400, реализующее измерение разности фаз опорного и измеряемого сигналов, а также протокола обмена данными с ПЭВМ. К СВУ подключены индикатор, модуль приема/передачи (Bluetooth WT12) и конфигурационная память. Кроме того, в состав ПАС БАТ входят: цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); два аналого-цифровых преобразователя (АЦП1, АЦП2); два управляемых усилителя- аттенюатора (УА1, УА2); два фильтра нижних частот (ФНЧ1, ФНЧ2) с полосами пропускания 1кГц и 10Гц соответственно; два полосовых фильтра ПФ1 и ПФ2 с полосой пропускания 0,9-1,1кГц; два буферных усилителя (БУ1, БУ2); масштабирующий усилитель (МУ); коммутатор тока (К) и преобразователь напряжение-ток (ПНТ). Электропитание устройства осуществляется от аккумуляторной батареи.

Измерительный зондирующий ток формируется цепочкой ЦАП → ФНЧ1 → МУ → ПНТ и по электродам протекает через биообъект, формируя на нем падение напряжения, пропорциональное сопротивлению БАТ, которое передается в СВУ по цепочке БУ2 → ПФ2 → УА2 → АЦП2, где производится расчет амплитуды падения напряжения на БО и разности фаз с опорным сигналом.

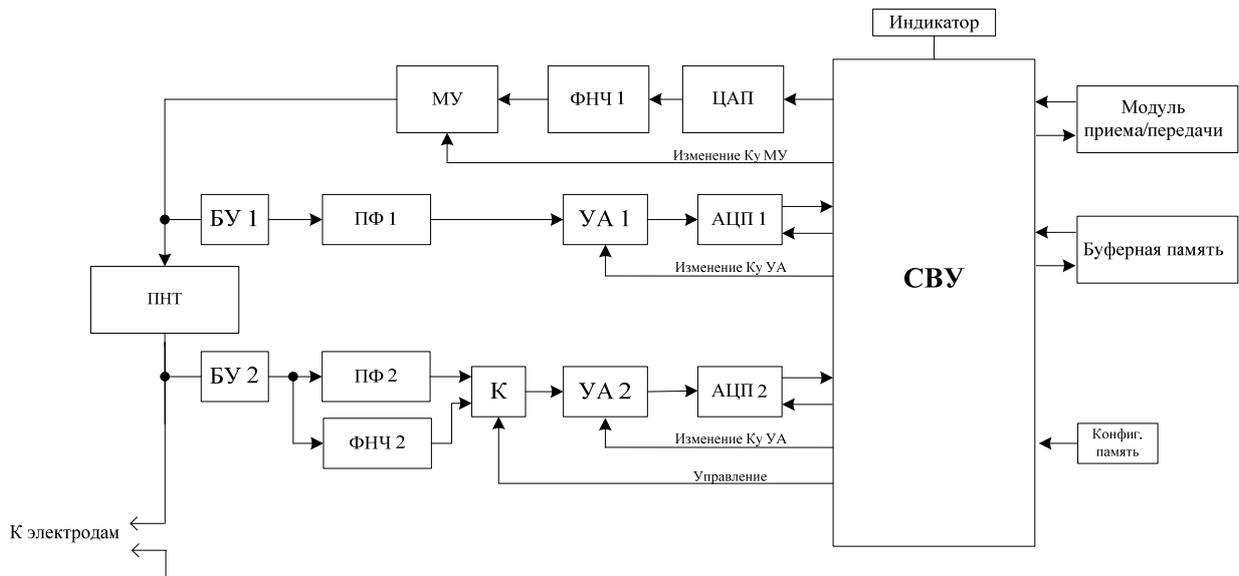


Рис. 4 Структурная схема устройства измерения сопротивления БАТ

В работе приведен алгоритм проведения измерения, включающий стадии поиска биологически активных точек, подготовки исследуемого участка кожи в месте измерения и последовательности действий врача при измерении.

В четвертой главе приводятся результаты экспериментальных исследований.

Полученные во второй главе решающие правила для ранней диагностики, оценки тяжести течения и прогнозирования исходов вирусного гепатита, строились на основе знаний и опыта высококвалифицированных экспертов и моделировались в системе математического моделирования и расчетов MATLAB 7.0.1.

Для проверки достоверности срабатывания правил расчетов соответствующих коэффициентов уверенности нами формировались репрезентативные контрольные выборки, по которым рассчитывались такие показатели качества «срабатывания» решающих правил как прогностическая значимость положительных и отрицательных результатов наблюдений ($PЗ^+$ и $PЗ^-$), диагностическая чувствительность, специфичность и эффективность (ДЧ, ДС и ДЭ) соответственно.

Прогностические решающие правила построены как правила определения уверенности в том, что в течение заданного времени T_0 обследуемый из класса ω_0 попадает в класс ω_ℓ при достаточно высоком уровне KU_{ω_ℓ} . Для определения порога срабатывания этих правил ($KU_{\omega_\ell}^{\Pi}$) нами были построены гистограммы распределения исследуемых классов ω_0 и ω_ℓ на шкалах KU_{ω_ℓ} , по которым совместно с экспертами установили пороги $KU_{\omega_\ell}^{\Pi}$, обеспечивающие минимальные значения ошибки классификации.

Относительно полученных порогов рассчитывались выбранные показатели качества классификации, как по прогностическим, так и по диагностическим задачам.

На рис.5 показан пример гистограмм распределения классов ω_0 и ω_1 (h_{ω_ℓ} для $\ell = 0,1$) по шкале KU_{ω_1} с использованием электрических характеристик информативных БАТ, факторов риска и результатов опроса.

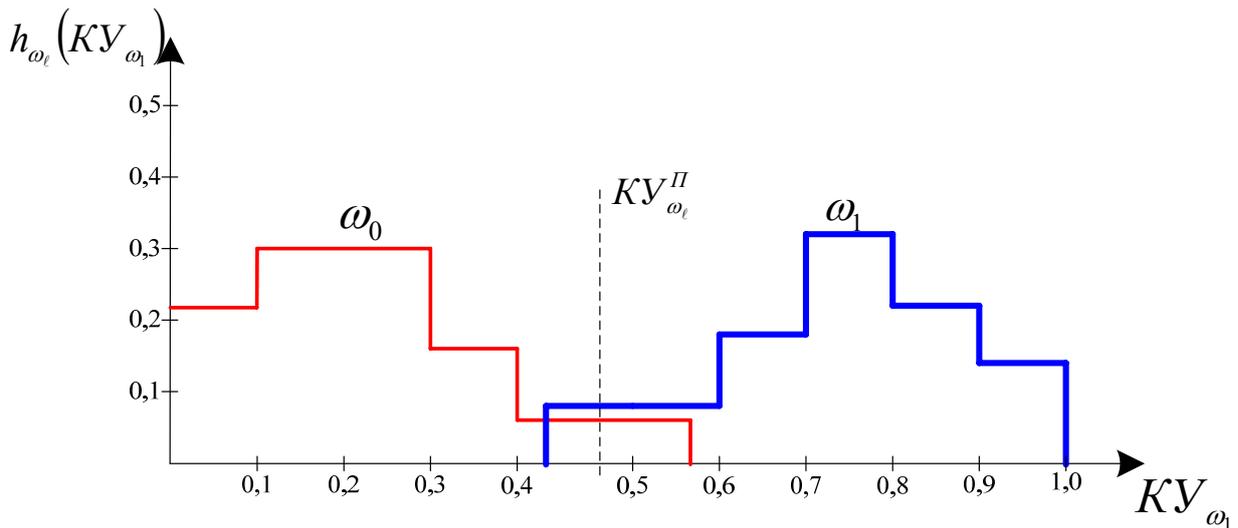


Рис. 5 Гистограммы распределения классов ω_0 и ω_1 по шкале KU_{ω_1}

По результату анализа гистограмм квалифицированными экспертами с учетом критерия минимума ошибок классификации, величина порога установлена на уровне 0,47, относительно которой могут быть рассчитаны выбранные показатели качества. Аналогично определялись пороги срабатывания других решающих правил.

Рассчитываемые на репрезентативной контрольной выборке показатели качества сравнивались с коэффициентами уверенности в принимаемых решениях KU_{ω_ℓ} , полученными в ходе синтеза соответствующих решающих правил и согласованными с экспертными заключениями (табл.1).

В этой таблице ω_1 – ранняя стадия вирусного гепатита; ω_2 – удовлетворительное состояние пациента с вирусного гепатита; ω_3 – состояние средней тяжести; ω_4 – тяжелое состояние; ω_5 – вероятность перехода в хроническую форму, ω_6 – благоприятный прогноз выздоровления.

Таблица сравнительных данных математического моделирования и проверки на контрольной выборке

Класс	Показатели качества на контрольной выборке					Экспертная уверенность KU_{ω_i}
	ДЧ	ДС	ДЭ	ПЗ ⁺	ПЗ ⁻	
ω_1	0,84	0,92	0,88	0,90	0,86	0,93
ω_2	0,87	0,91	0,89	0,87	0,89	0,9
ω_3	0,84	0,87	0,86	0,84	0,87	0,9
ω_4	0,9	0,89	0,89	0,88	0,91	0,9
ω_5	0,88	0,93	0,9	0,94	0,86	0,95
ω_6	0,94	0,87	0,9	0,83	0,95	0,96

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что показатели качества срабатывания полученных решающих правил имеют хорошее совпадение с экспертной уверенностью в этих правилах, это позволяет рекомендовать полученные теоретические и практические результаты к внедрению в медицинскую практику.

В заключении сформулированы научные и практические результаты исследования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Предлагаемая работа посвящена решению научных и практических задач, связанных с повышением качества оказания медицинских услуг больным вирусным гепатитом, путём разработки методов и средств управления процессами ранней диагностики, оценки тяжести течения болезни и прогнозирования исходов заболевания с привлечением современных информационных технологий.

В работе получены следующие основные результаты:

1. Сформировано пространство информативных признаков, и по результатам анализа особенностей и структуры исследуемых классов в нем выбран математический аппарат нечёткой логики принятия решений для ранней диагностики, оценки тяжести течения и прогнозирования исходов вирусного гепатита.

2. Разработана программно-аппаратная система измерения электрического сопротивления биологически активных точек, позволяющая проводить соответствующие измерения и воздействовать на них по предлагаемому алгоритму рефлексотерапии.

3. Разработан метод синтеза и получена система нечетких решающих правил ранней диагностики, оценки тяжести течения и прогнозирования исходов вирусного гепатита, обеспечивающие уверенность в принимаемых решениях не менее 0,85 и выше, в зависимости от количества собранной информации, что позволяет рекомендовать их для использования в медицинской практике.

4. Построен алгоритм управления процессами ранней диагностики, оценки тяжести течения и прогнозирования, обеспечивающий коррекцию параметров решающих правил, полученных экспертным путем, в направлении улучшения качества классификации на обучающих выборках, и позволяющий выбирать схемы рефлексотерапии с учётом индивидуального состояния обследуемого и энергетического разбаланса меридианных структур.

5. Получены меридианные модели, позволяющие контролировать и управлять структурами организма, влияющими на общее состояние, вызванные вирусным гепатитом, через соответствующие системы биологически активных точек. Использование этих моделей позволяет обеспечивать выбор минимальных наборов информативных признаков для решения поставленных задач. Анализ меридианных моделей позволяет рационализировать тактику проведения лечебно-оздоровительных мероприятий.

6. Разработана система поддержки принятия решения врача инфекциониста, обеспечивающая рациональное ведение пациентов (больных вирусным гепатитом), и реализующая предложенную систему нечетких решающих правил в системе математического моделирования и расчетов MATLAB.

7. Проведена апробация предложенных методов и средств, в клинических условиях, показана целесообразность их практического применения.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные работы в журналах из перечня ВАК РФ

1. Гнездилов, А. А. Алгоритмы и средства электропунктурной диагностики [Текст]/ А.А. Гнездилов, Е.Ф. Старков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2008. Т.7 №3.- С.827-831.

Научные работы в других изданиях

2. Гнездилов А. А. Применение методов рефлексологии в диагностике и терапии гепатита В [Текст]/ А.А. Гнездилов, И.А. Терских // VII конференция врачей-инфекционистов: материалы научно-практической конференции «Новые технологии в диагностике и лечении инфекционных болезней».- Н.Новгород, 2006.- С. 59-61.

3. Гнездилов А. А. Перспективы применения современной элементной базы для реализации алгоритмов цифровой обработки медико-биологических сигналов [Текст]/ А.А. Гнездилов, С.М. Седунов //Медико-экологические информационные технологии: материалы IV международной

научно-технической конференции.- Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2001.- С. 179-182.

4. Гнездилов А. А. Однокристалльные системы регистрации и анализа ЭФС [Текст]/А.А. Гнездилов, С.М. Седунов //Медико-экологические информационные технологии: материалы VI международной научно-технической конференции.- Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2003.- С. 31-33.

5. Гнездилов А. А. Использование методов рефлексологии в оптимизации мониторинга вирусных гепатитов [Текст]/ А.А. Гнездилов, И.А. Терских // Инфекционные болезни: проблемы здравоохранения и военной медицины: материалы научно-практической конференции.- Военно-мед. академия им.С.М.Кирова, С.-Петербург, 2006.- С. 59-61.

6. Гнездилов А. А. Экспресс метод ранней диагностики вирусных гепатитов [Текст]/ А.А. Гнездилов, И.А. Терских //Приоритетные направления развития науки: материалы международной научной конференции.- Современные наукоемкие технологии. Москва, 2007, №11.- С. 55.

7. Гнездилов А. А. Перспективы применения технологии Bluetooth в медицинской технике [Текст]/ А.А. Гнездилов, С.М. Седунов //Медико-экологические информационные технологии: материалы VI международной научно-технической конференции.- Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2003.- С. 34-36.

8. Гнездилов А. А. Современные технологии интеграции территориально распределенного оборудования применительно к медицинской технике [Текст]/А.А. Гнездилов, С.М. Седунов //Медико-экологические информационные технологии: материалы V международной научно-технической конференции.- Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2002.- С. 60-62.

9. Гнездилов А. А. Метод ранней диагностики и прогнозирования течения вирусных гепатитов по электрическим показателям биологически активных точек [Текст]/ А.А. Гнездилов, Кореневский Н.А., И.А. Терских //Приоритетные направления развития науки: материалы международной научной конференции.- Современные наукоемкие технологии. Москва, 2007, №11.- С. 54-55.

10. Гнездилов А. А. Многоканальный программно-аппаратный комплекс измерения медленных процессов в биоткани [Текст]/ А.А. Гнездилов //Медико-экологические информационные технологии: материалы VIII международной научно-технической конференции.- Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2005.- С. 57-59.

11. Гнездилов А. А. Исследование медленных процессов в биотканях при протекании постоянного тока [Текст]/ А.А. Гнездилов //Медико-экологические информационные технологии: материалы VIII международной научно-технической конференции.- Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2005.- С. 59-61.

12. Гнездилов А. А. Средства электропунктурной диагностики ранних стадии заболеваний [Текст]/ А.А. Гнездилов //Современная техника и

технологии в медицине, биологии и экологии: материалы IX международной научно-практической конференции.- Южно-Российский гос. техн. ун-т. Новочеркасск, 2008.- С. 7-9.

13. Гнездилов А. А. Использование методов рефлексологии в диагностике и прогнозировании вирусных гепатитов [Текст]/ А.А. Гнездилов, И.А. Терских //Медико-экологические информационные технологии: материалы IX международной научно-технической конференции.- Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2006.- С. 59-61.

Подписано в печать 25.05.2009. Формат 60x84 1/16

Печатных листов 1,0. Тираж 100 экз. Заказ _____

Курский государственный технический университет.

Издательско-полиграфический центр Курского государственного технического университета.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября,