

А.В. Проскуряков

**КОНЦЕПЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ
ВЕРИФИКАЦИИ ФРАГМЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ**

Предложен один из вариантов концепции разработки и реализации синтеза МИС с позиции системного подхода, которая предназначена для решения задач диагностики заболеваний посредством применения и разработке методологии верификации состояния фрагментов биологических объектов по компьютерно-томографическим изображениям и использовании для этого статистических параметров (математическое ожидание, дисперсия, гистограмма, коэффициент вариации, автокорреляционная матрица, коэффициент корреляции) для количественной оценки состояний лобной или верхнечелюстной пазухи при отоларингологических заболеваниях, органов грудной клетки при бронхолегочных заболеваниях, костных тканей и их идентификации в соответствии с классом патологий при диагностике пациента в автоматическом режиме по рентгенографическим (томографическим) изображениям. Предложен вариант реализации МИС для диагностики и оценки результатов медицинских исследований, построенная по модульному принципу на базе технологий сетей Intranet и Internet с использованием стандартных протоколов передачи данных, аудио-видео информации, графической информации медицинского характера и включающая подсистему технического обеспечения, подсистему математического обеспечения, подсистему программного обеспечения, подсистему информационного обеспечения, подсистему организационного обеспечения, подсистему информационной безопасности, подсистему методического обеспечения и поддержки. Указано на современное состояние развития медицинской диагностической техники, оснащённость которой медицинских учреждений страны и не оперативная её доступность для населения способствовало и привело к появлению и активному развитию новых направлений в области лучевой диагностики, к которым относятся: цифровая и плёночная рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография. Приведен краткий анализ реализации математических моделей методов диагностики, реализуемых программным обеспечением для функционирования подсистемы поддержки принятия решения медицинской автоматизированной информационной системы. Показаны примеры практической реализации программного и информационного обеспечения методов верификации медицинских объектов виде экранных форм для работы с фрагментами исследуемого объекта и результатами анализа рентгенографических изображений. Это позволяет повысить оперативность, точность верификации состояний медицинских биологических объектов, достоверность процесса диагностики заболеваний. Показана научная новизна, результаты апробации материала, представленного в статье на международных, всероссийских конференциях, научных журналах.

Биологический; верификация; безэталонный метод верификации; диагностика; информация; инвариантность; концепция; кроссплатформенный; медицинский; метод; метод эталонный; мобильность; модульность; подход; системный; статистика; рентгенография; томография; энтропия; эталон.

A.V. Proskuryakov

**THE CONCEPT OF A MEDICAL INFORMATION SYSTEM FOR SOLVING
PROBLEMS OF DISEASE DIAGNOSIS BASED ON VERIFICATION
OF FRAGMENTS OF MEDICAL BIOLOGICAL OBJECTS**

This article offers one of the variants of the concept of developing and implementing the synthesis of MIS from the perspective of a systematic approach, which is designed to solve the problems of diagnosing diseases through the application and development of a methodology for verifying the state of fragments of biological objects using computed tomographic images and using statistical parameters for this (expectation, variance, histogram, coefficient of variation, autocorrelation matrix, correlation coef-

efficient) for quantitative assessment of the conditions of the frontal or maxillary sinus in otolaryngological diseases, chest organs in bronchopulmonary diseases, bone tissues and their identification in accordance with the class of pathologies in the diagnosis of the patient in automatic mode by radiographic (tomographic) images. A variant of the implementation of MIS for the diagnosis and evaluation of the results of medical research is proposed, built on a modular principle based on the technologies of Intranet and Internet networks using standard data transmission protocols, audio-video information, graphic information of a medical nature and including a subsystem of technical support, a subsystem of mathematical support, a subsystem of software, a subsystem of information support, a subsystem of organizational support, information security subsystem, subsystem of methodological support and support. It is pointed out the current state of development of medical diagnostic equipment, the equipment of which medical institutions of the country and its non-operational accessibility to the population contributed to and led to the emergence and active development of new directions in the field of radiography diagnostics, which include: digital and film radiography, computed tomography, magnetic resonance imaging. A brief analysis of the implementation of mathematical models of diagnostic methods implemented by software for the functioning of the decision support subsystem of the medical automated information system is given. Examples of practical implementation of software and information support for verification methods of medical objects in the form of screen forms for working with fragments of the object under study and the results of the analysis of radiographic images are shown. This makes it possible to increase the efficiency, accuracy of verification of the state of medical biological objects, the reliability of the disease diagnosis process. The scientific novelty, the results of the approbation of the material presented in the article at international, All-Russian conferences, scientific journals are shown.

Biological; verification; non-etalon verification method; diagnostics; information; invariance; concept; cross-platform; medical; method; reference method; mobility; modularity; approach; system; statistics; radiography; tomography; entropy; standard.

Введение. В данной статье рассматривается один из вариантов концепции разработки и реализации медицинской информационной системы (МИС), на примере реализации медицинской автоматизированной диагностической информационной системы (МАДИС) на базе системного подхода для решения задач диагностики заболеваний. Современный этап развития медицины характеризуется развитием и внедрением новых методов, способов диагностики, позволяющих повысить своевременность, точность и достоверность диагностических мероприятий в различных областях и направлениях медицины. Фактически в медицине всё большее значение получают методы, способы, средства ранней диагностики заболеваний, что позволяет выявить заболевание на ранних стадиях и тем самым предотвратить или приступить к её лечению на ранних этапах развития. Таким образом в современных условиях развития акцент делается на диагностические направления медицины, методы и способы ранней диагностики, а также медицинские автоматизированные диагностические информационные системы. Согласно основным положениям национального проекта «Здравоохранение», одно из ведущих мест в нём занимают вопросы развития и внедрения современных информационных технологий, рентгенологических высоких технологий, внедрение на их базе медицинских информационных систем (МИС), медицинских автоматизированных информационных систем (МАИС), медицинских автоматизированных диагностических информационных систем (МАДИС), диагностического оборудования, которое предназначено для решения проблемы повышения эффективности диагностики заболеваний путём своевременного выявления различных заболеваний и проведения **дифференциальной диагностики** [5–8]. Постановления правительства РФ, Указы президента РФ о совершенствовании системы медицинского обслуживания населения, о внедрении новой техники и технологий в сферу медицины наталкиваются на препятствия, связанные с недостаточным финансированием в связи с сокращением в бюджете статьи расходов на медицину, медобслуживание.

Решению задач повышения эффективности диагностики заболеваний путём своевременного выявления различных заболеваний и проведения **дифференциальной диагностики** мешают следующие проблемы.

Статья расходов госбюджета на медицину в 2017 году была сокращена с 0,7% в 2016 году до 0,4% ВВП и эта тенденция продолжает сохраняться и в 2022 году, когда бюджет предполагает **сокращение расходов на здравоохранение – с 1,362 трлн рублей в 2021 году до 1,245 трлн рублей в 2022, или на 117 млрд рублей.**

В результате огромное количество медучреждений в средних, малых городах и сельской местности могут остаться неохваченными передовыми технологиями в области диагностики и лечения заболеваний.

Значительное превышение импорта по отношению к экспорту медицинского оборудования и медицинских изделий, то есть большая импортозависимость в данной области, что отражает диаграмма, показанная на рис. 1.

Выходом в создавшейся ситуации является, разработка средств и методов диагностики и лечения на базе передовых технологий с повсеместным внедрением МИС, МАИС, МАДИС на базе комплекса технических средств (КТС) вычислительной техники (ВТ), комплекса программных средств (КПС) системных и инструментальных, сетевых технологий и вычислительных сетей, новых информационных технологий в целом, позволяющих своевременно, оперативно осуществлять диагностику, лечение, сопровождение пациентов в клиниках и стационарах.

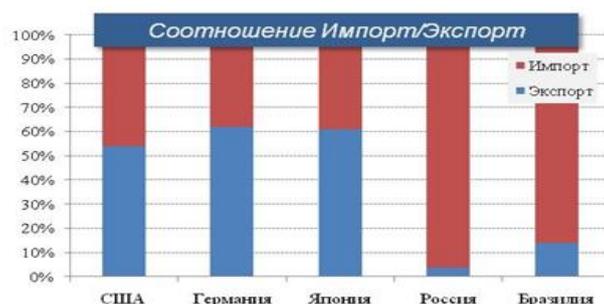


Рис. 1. Соотношение экспорта и импорта медицинского оборудования и медицинских изделий

В настоящее время в процессе решения задач диагностики заболеваний широко используются снимки, изображения фрагментов биологических объектов и объектов в целом, что позволяет повысить наглядность и объективность при решении данного класса задач. Сегодня на смену аналоговым приходят цифровые медицинские изображения. Перевод в цифровую форму (с самого начала их получения или позже) облегчает обработку изображений, хранение и передачу медицинских визуальных данных. Эти возможности значительно расширились с появлением автоматизированных рабочих мест (АРМ) с большим объёмом памяти для хранения данных и достаточной вычислительной мощностью. Существующие информационные технологии могут помочь на всех этапах получения и обработки медицинских изображений [1–4]. Компьютеры непосредственно принимают участие в создании некоторых типов изображений, которые не могут быть получены другим способом: компьютерная томография (КТ), позитронная эмиссионная томография (ПЭТ), ядерный магнитный резонанс – магнитно-резонансная томография (МРТ).

Постановка задачи. Для повышения эффективности медицинского обслуживания необходимо широко внедрять в практику работы медицинских учреждений: поликлиник, клиник, стационаров, больниц современные МИС (МАИС и

МАДИС). При рассмотрении концептуального подхода к проектированию и построению современных МИС, МАИС и МАДИС необходимо исходить из следующих базовых понятий:

- ◆ цели внедрения современных автоматизированных информационных систем;
- ◆ причины, способствующие внедрению современных автоматизированных информационных систем;
- ◆ причины, обуславливающие необходимость внедрения современных автоматизированных информационных систем;
- ◆ задачи, решаемые современными автоматизированными информационными системами;
- ◆ требования, которым должны удовлетворять современные автоматизированные информационные системы.

Необходимо синтезировать медицинскую информационную систему как разновидность автоматизированной информационной системы для верификации фрагментов медицинских биологических объектов с целью решения задач диагностики заболеваний, с использованием математических моделей, информационных моделей описания состояния диагностируемых медицинских биологических объектов, алгоритмов и программного обеспечения инвариантных к видам заболеваний на базе методов концептуального и системного проектирования.

В данной работе акцент сделан на рассмотрение и описание одного из вариантов концепции разработки и реализации медицинской информационной системы (МИС), на примере реализации медицинской автоматизированной диагностической информационной системы (МАДИС) на базе системного подхода для решения задач диагностики заболеваний путём использования методов верификации состояния медицинских биологических объектов.

Реализация. Цели внедрения. Основными целями внедрения современных медицинских автоматизированных информационных систем являются:

- ◆ сохранение здоровья человека путём повышения эффективности и управляемости лечебно-диагностического процесса, рационализации использования средств, улучшения качества оказания медицинской помощи;
- ◆ повышение эффективности организации труда медицинских работников;
- ◆ внедрение новых технологий, в том числе новых информационных технологий [5].

Реализация. Причины, обуславливающие необходимость внедрения медицинских автоматизированных информационных систем. Основными причинами, обуславливающие необходимость внедрения медицинских автоматизированных информационных систем являются:

- ◆ врачи делают огромное количество записей о ходе лечебного процесса и оформляют учётную и отчётную документацию;
- ◆ средний медицинский персонал ежедневно разбирается в записях и назначениях лечащего врача, фактически вести «вторую бухгалтерию» по выполнению необходимых лечебных назначений;
- ◆ взаимодействие между лечащим врачом и другими специалистами часто осуществляется на уровне пожеланий;
- ◆ врач-диагност из-за недостатка времени ограничивается при заполнении истории болезни краткими записями-заключениями;
- ◆ контроль лечения заболевания осуществляется в ретроспективном плане, так как значительная доля ошибок при обследовании больного пациента, установлении окончательного диагноза, а также в процессе лечения часто осуществляется только при его выписке[5].

Реализация. Подходы при проектировании. В работе [5] авторы указывают на следующие причины использования информационных технологий (ИТ):

- ◆ наглядность при изучении и освоении ИТ (современное ПО позволяет более наглядно представлять различную медицинскую информацию, что способствует её более детальному анализу врачами);
- ◆ интерактивность (взаимная связь в диалоговом режиме);
- ◆ мультимедийные возможности (уникальные возможности: видеозаписи исследований, звук, качественные снимки, двух- и трёхмерные модели органов человека, построенных на основании данных диагностики);
- ◆ свободный поиск текста;
- ◆ групповая работа в многопользовательском режиме;
- ◆ достаточно доступная стоимость.

Для любой автоматизированной информационной системы (АИС), в том числе МИС, можно выделить три основных этапа жизненного цикла (ЖЦ) системы:

- ◆ первый этап – этап проектирования(разработки);
- ◆ второй этап – этап ввода в эксплуатацию системы;
- ◆ третий этап – эксплуатации системы;
- ◆ четвёртый этап – этап вывода системы из эксплуатации.

Одним из самых критических этапов ЖЦ МАИС является этап проектирования. Ошибки заложенные на этом этапе будут проявляться на всех последующих этапах ЖЦ МИС и определять уровень качества её работы в целом. На этапе проектирования должны быть заложены основные характеристики и показатели интегрального критерия качества функционирования МИС.

Для этого при проектировании должны быть чётко обозначены функциональная и обеспечивающая составляющие проектируемой МИС.

Синтезируемая МИС, обеспечивающая получение, хранение, обработку, выдачу диагностической информации должна:

- ◆ включать в свой состав автоматизированные рабочие места (АРМ) врачей клиницистов;
- ◆ строиться по принципу интеграции отдельных подсистем в единую целую систему;
- ◆ каждая подсистема удовлетворять модульному принципу построения, развития и подключения – интеграции в систему на уровне комплекса технических средств (КТС);
- ◆ удовлетворять модульному принципу построения на уровне комплекса программных средств (КПС);
- ◆ поддерживать управление и работу сервисных служб системы;
- ◆ в качестве инфраструктуры построения данной системы использовать сети, вычислительные сети Intranet / Internet, позволяющие осуществлять оперативный обмен информацией между основными компонентами системы, независимо от местоположения пациента и диагностической аппаратуры;
- ◆ формировать и выдавать оперативные и достоверные результаты диагностики.

Обеспечивающая составляющая должна в обязательном порядке включать следующие подсистемы:

- ◆ подсистему технического обеспечения, включающую базовые компоненты комплекса технических средств (КТС) системы, в том числе локальной вычислительной сети (ЛВС) типа Intranet медицинского учреждения: больница, поликлиника с возможностью подключения к информационно - медицинским ресурсам других медицинских учреждений посредством Internet;

- ◆ подсистему математического обеспечения, описывающую алгоритм процедуры диагностики на основании предложенных методов и методик;
- ◆ подсистему программного обеспечения, реализующую практически алгоритм процедуры диагностики на основании предложенных методов;
- ◆ подсистему информационного обеспечения, содержащего необходимую исходную информацию для диагностики заболеваний и статистическую информацию о результатах диагностики, личная информация, дневник пациента и т.д.;
- ◆ подсистему организационного обеспечения;
- ◆ подсистему информационной безопасности;
- ◆ подсистему методического обеспечения и поддержки, а также другие вспомогательные подсистемы [4].

МИС в целом и её подсистемы на базе предлагаемой концепции должны строиться исходя из основных требований системного подхода, предъявляемых к системам данного вида.

- ◆ удовлетворять требованиям кроссплатформенности;
- ◆ удовлетворять требованиям инвариантности к решаемым системой задачам (по возможности);
- ◆ удовлетворять требованиям модульности построения комплекса технических средств (КТС);
- ◆ удовлетворять требованиям модульности построения комплекса программных средств (КПС);
- ◆ иметь возможность интегрировать систему в современные вычислительные сети Intranet/Internet на уровне отдельных компонентов, модулей, подсистем и системы в целом;
- ◆ иметь возможность оперативного доступа к информационным ресурсам МИС со стационарных и мобильных рабочих станций, терминалов и других современных терминальных средств доступа;
- ◆ иметь реализацию адаптивного к пользователю МИС интуитивно-понятного интерфейса, позволяющего пользователям упростить процедуру доступа к информационно-вычислительным ресурсам системы и сделать её более прозрачной;
- ◆ в целом основные функциональные возможности МИС должны удовлетворять требованиям базового критерия качества, включающего функциональные и конструктивные критерии, на основании базовых характеристик и показателей, по которым оценивается качество функционирования КПС и системы в целом: гибкость, модульность, надежность, тестируемость, полнота, способность к взаимодействию, модифицируемость и т.д.

Реализация. Подсистема технического обеспечения. Структура системы поддержки принятия как подсистемы МИС. Структурная схема системы поддержки принятия как подсистемы МИС, подсистемы технического с возможностью подключения АРМ МИС показана на рис. 2. Успешное внедрение и эксплуатация предлагаемого АРМ по диагностированию например параназальных пазух пациента на основе анализа рентгенограммы в первую очередь зависит от телекоммуникационной системы, развернутой в клинике, а конкретно в ЛОР - отделении, в котором он является терминалом или рабочей станцией сети. Необходимо соблюдать требование стандартизации единства информационного пространства на уровне ЛОР - отделения в процессе применения АРМ как рабочей станции, так как несоблюдение данного требования приведёт к потере всякого смысла использования подобной системы, следовательно необходимо сформулировать постановку задачи комплексирования телекоммуникационной сети клиники [2, 7].

Реализация. Подсистема математического обеспечения. Краткое описание методов, используемых для диагностики

1. Метод сравнения с эталоном, основанный на математической статистике. Область исследуемого объекта и его эталон представляем матрицами интенсивности яркости пикселей.

В качестве эталона выбираем такой фрагмент снимка, на котором имеет место постоянное значение интенсивности яркости, в работе в качестве эталона было принято изображение глазницы. Таким образом, представив лобную пазуху и глазницу в виде матриц X и Y , размерами $n \times n$, можно приступить к их математической обработке. Основные этапы алгоритма эталонного способа метода диагностики могут быть представлены следующим образом.

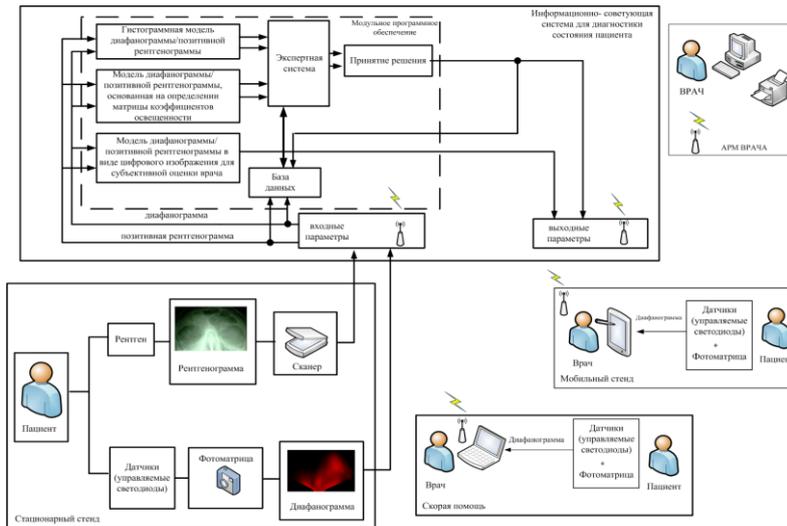


Рис. 2. Подсистема технического обеспечения. Структура системы поддержки принятия как подсистемы МИС

Недостатком эталонного способа при автоматической диагностике рентгенографического изображения является качество изображения такого выбранного фрагмента снимка, на котором имеет место постоянное значение интенсивности яркости. Данная погрешность может привести к существенному искажению качества результата обработки снимка и тем самым к неточному или неправильному диагнозу заболевания пациента, что может в некоторых случаях привести к неверному медикаментозному или хирургическому лечению [7–10, 12].

2. Метод, основанный на вычислении расстояния между изображениями эталона и исследуемой области. Область исследуемого объекта и его эталон представляем матрицами интенсивности яркости пикселей. Проведя анализ матрицы яркости эталона, получаем среднее значение яркости пикселей. Формируем вспомогательную матрицу относительно небольшого размера, в зависимости от размера исследуемой области.

Позиция, где коэффициент корреляции достигает своего наибольшего значения, является позицией наихудшего соответствия. Область вокруг позиции наихудшего соответствия, рассматривается как область с патологией, если отношение между средним значением вспомогательной матрицы и средним значением области наихудшего соответствия не превышает 0.85 [18, 19].

3. Метод, основанный на вычислении оценки информативности эталона и исследуемой области. Информативность рентгеновского изображения оценивается объемом полезной диагностической информации, которую врач получает при изучении снимка. В конечном итоге, она характеризуется различимостью на снимках деталей исследуемого объекта.

Область исследуемого объекта и его эталон представляем матрицами интенсивности яркости пикселей [18, 19].

4. Безэталонный метод (способ). Для реализации безэталонного способа при решении задачи анализа и обработки рентгенографического изображения определяем термин «изображение» как некий математический объект, обладающий определенными математическими свойствами. При проведении математических операций над изображением по аналогии с эталонным способом предполагаем, что оно существует в цифровой форме – «цифровое изображение», которое представляется дискретным массивом чисел, образующих матрицу элементов b_{ij} с параметрами (i, j) , где $1 \leq i \leq n$ и $1 \leq j \leq n$. Элементы b_{ij} являются квадратом (пикселем, апертурой), определяемым неравенством $i - 1 \leq x \leq i$ и $j - 1 \leq y \leq j$ (хиу – пространственные координаты непрерывного изображения). Тогда любой матрице $[b_{ij}]$ порядка $n \times n$ можно сопоставить изображение, значение яркости которого в квадрате b_{ij} равно постоянной величине \bar{b}_{ij} для каждой пары (i, j) . Элемент цифрового изображения можно представить в виде случайной величины $\bar{b}(i, j)$, а матрицу $n \times n$ как матрицу случайных величин $[\bar{b}(i, j)]$.

Следовательно, используя средства и методы математической статистики и матричного счисления, можно описать все существенные свойства рентгенографических изображений и на основании данных свойств, с использованием соответствующих алгоритмов обработки, осуществить достоверную качественный анализ снимков с последующей диагностикой заболеваний. [2, 3, 6–9, 12, 16, 17].

5. Информационно-энтропийный метод (способ). Он основан на методе исчисления новой (непредсказуемой) и избыточной (предсказуемой) информации Клода Шеннона. При таком анализе мы рассчитываем показатель энтропии целевой области, рассчитываем максимальный показатель энтропии (исходя из количества уровней изображения), и, сравнивая полученные два значения, делаем вывод анализа (по принципу – чем больше энтропия, тем хуже). Данный подход также позволяет получить релевантный результат при условии хорошей ограниченности исследуемого объекта (исследуемый объект должен включать всю исследуемую область, и не включать ничего кроме этого) [8, 9].

Примеры практической реализации подсистемы программного и информационного обеспечения МИС на базе методов верификации медицинских объектов. Программное и информационное обеспечение МИС на базе методов верификации медицинских объектов реализует обработку рентгеновских и томографических снимков. Вся информация об оцифрованных рентгеновских снимках пациентов хранится в электронном виде в базе данных (БД).

Первоначально база данных не содержит никакой информации, поэтому для работы с программным обеспечением медицинской автоматизированной системы необходимо наполнить БД. То есть работа с системой начинается с процедуры наполнения БД информацией оцифрованных рентгеновских снимков пациентов.

После выбора пункта «Открыть из базы данных» из вкладки «Файл», появляется диалоговое окно «Поиск по базе пациентов».

Диалоговое окно «Поиск по базе пациентов» показано на рис. 3. В нем можно выбрать заранее обработанные снимки пациентов.

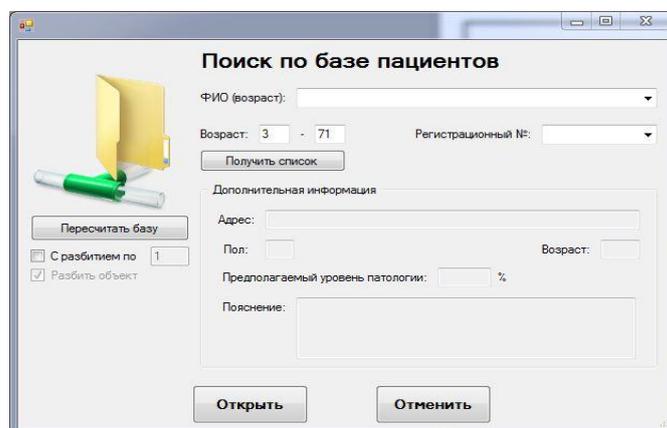


Рис. 3. Диалоговое окно «Поиск по базе пациентов»

Чтобы выбрать ранее обработанные снимки пациентов необходимо для этого ввести в поля «Возраст» возрастной интервал, в котором находится искомый пациент.

После этого поля «ФИО (возраст)» и «Регистрационный №» будут отображать информацию о пациентах только из выбранной возрастной категории. Диалоговое окно с пациентами выбранной возрастной категории показана на рис. 4.

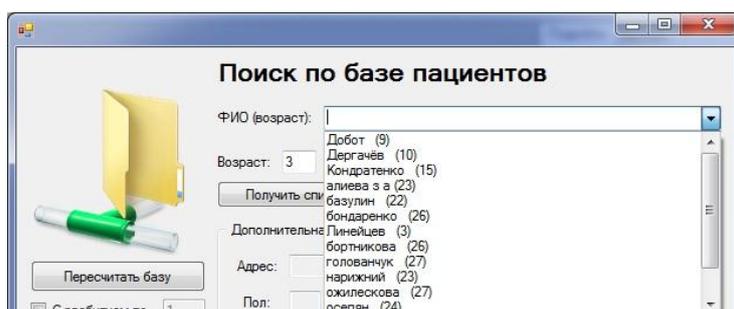


Рис. 4. Вкладка с пациентами из поля «ФИО (возраст)»

После выбора пациента в одном из вышеуказанных полей, в секции «Дополнительная информация» будут указаны дополнительные данные в соответствующих полях: «Адрес», «Пол», «Возраст», «Предполагаемый уровень патологии» и «Пояснение».

При выборе пациента в виде ссылки в поле «Ф.И.О.» происходит переход на страницу с подробной информацией и графиками объектов и эталонов данного пациента. Подробная информация с графиками объектов и эталонов конкретного обследуемого пациента показана на рис. 5.

Для сохранения нового или изменения уже существующего снимка во вкладке «Файл» выберите пункт «Сохранить в базу данных».

После появления диалогового окна «Форма базовой информации о пациенте» требуется заполнить или изменить основные поля: «Фамилия», «Имя», «Отчество», «Возраст», «Пол» и «Регистрационный №».

Экранная форма окна «Форма базовой информации о пациенте» показана на рис. 6.

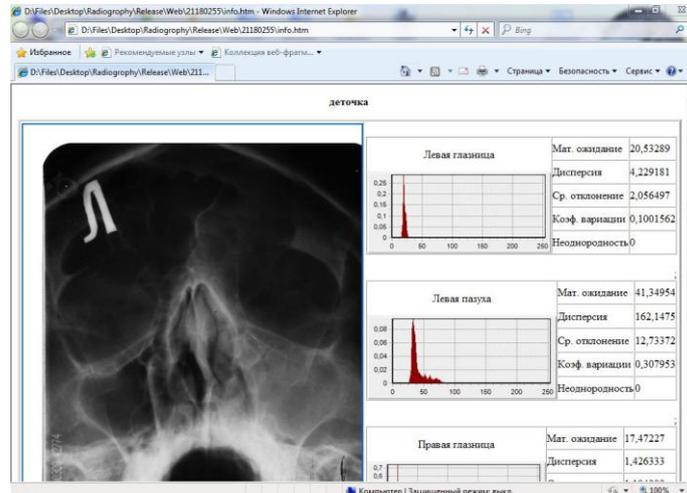


Рис. 5. Страница web-интерфейса с характеристиками пациента

The dialog box is titled "Форма базовой информации о пациенте". It contains the following fields and controls:

- Фамилия:
- Имя:
- Отчество:
- Адрес:
- Возраст:
- Пол:
- Регистрационный №:
- Дополнительная информация:
 - Предполагаемый уровень патологии: %
 - Пояснение:
- Buttons: "Сохранить" and "Отменить"

Рис. 6. Диалоговое окно «Форма базовой информации о пациенте»

Научная новизна. Результаты. Научная новизна заключается в том, что в данной статье предложен один из вариантов концепции разработки и реализации синтеза МИС с позиции системного подхода, который заключается в разработке методологии верификации состояния фрагментов биологических объектов по компьютерно-томографическим изображениям и использовании для этого статистических параметров (математическое ожидание, дисперсия, гистограмма, коэффициент вариации, автокорреляционная матрица, коэффициент корреляции) для количественной оценки состояний лобной или верхнечелюстной пазухи при отоларингологических заболеваниях, органов грудной клетки при бронхолегочных заболеваниях, костных тканей и их идентификации в соответствии с классом патологий при диагностике пациента в автоматическом режиме по рентгенографическим (томографическим) изображениям. Это позволило получить следующие результаты:

- ♦ предложен вариант реализации МИС для диагностики и оценки результатов медицинских исследований построенный по модульному принципу на базе технологий сетей Intranet и Internet с использованием стандартных протоколов передачи данных, аудио-видео информации, графической информации медицинского характера;

- ◆ разработано программное обеспечение, реализующее алгоритм обработки рентгенографических изображений с использованием эталонного и безэталонного – информационно-энтропийного способов метода диагностики инвариантного к видам заболеваний (параназальных пазух при ЛОР – заболеваниях, бронхо-лёгочных заболеваниях);
- ◆ это позволило повысить качество обработки рентгенографических снимков и как следствие точность диагностики заболеваний;
- ◆ разработанное программное обеспечение позволило повысить степень автоматизации процесса обработки рентгенографических снимков с элементами автоматической обработки, что позволяет формализовать процедуру постановки диагноза;
- ◆ разработано программное обеспечение, реализующее алгоритмы обработки статистических параметров (гистограмма, математическое ожидание, коэффициент вариации) для количественной оценки состояний лобной или верхнечелюстной пазухи и их идентификации в соответствии с классом патологий при диагностике пациента в автоматическом режиме по рентгенографическим и томографическим изображениям;
- ◆ разработано информационное обеспечение – структура базы данных в виде набора связанных таблиц для хранения базовой информации о пациентах и процессе диагностики и лечения [18–20];
- ◆ информационное обеспечение реализовано с возможностью инвариантности хранимой информации и моделей методов (способов) диагностики с целью возможности адаптации для различных лечебных учреждений;
- ◆ система построена с позиций системного подхода, удовлетворяет требованиям гибкости, универсальности, инвариантности объектов исследования;
- ◆ результаты работы прошли апробацию на десяти международных и семнадцати Всероссийских научно-технических конференциях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блинов Н.Н., Мазуров А.И. Что впереди? // Мед. техника. – 2006. – № 5. – С. 3-6.
2. Блинов Н.Н., Мазуров А.И. Проблемы расширения диагностических возможностей медицинской рентгенотехники // Мед. техника. – 2011. – № 5. – С. 1-5.
3. Волков А.Г. Лобные пазухи. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 2000. – 512 с.
4. Мухин Ю.Ю., Лебедев Г.С. Подходы к параметрической оценке и сопоставлению функций медицинских информационных систем // Информационно-измерительные системы. – 2013. – № 10. – С. 19-27.
5. Гусев А.В., Романов Ф.А., Дуданов И.П., Воронин А.В. Медицинские информационные системы: монография. – Петрозаводск: Петр.ГУ, 2005. – 404 с.
6. Рожкова Н.И., Кочетова Г.П. Динамика технической оснащённости диагностической службы Российской Федерации за 2002-2010 гг. // Мед. техника. – 2012. – № 2. – С. 1-5.
7. Волков А.Г., Самойленко А.П., Проскуряков А.В. Метод диагностики состояния параназальных пазух по их рентгенографическим изображениям // X Международную научно-техническую конференцию «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ'2012). – 2012. – С. 63-67.
8. Самойленко А.П., Проскуряков А.В. Способы реализации метода диагностики состояния параназальных пазух по их рентгенографическим изображениям // Сб. трудов XI Международной научно-технической конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ'2014). – 2014. – С. 71-75.
9. Проскуряков А.В., Самойленко А.П. АРМ поддержки принятия решений при диагностике ЛОР-заболеваний медицинской интегрированной автоматизированной информационной диагностической системы // Сб. трудов XI Международной научно-технической конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ'2014). – 2014. – С. 68-72.

10. *Проскуряков А.В., Самойленко А.П.* Подсистема математического и программного обеспечения поддержки принятия решений на базе способов диагностики заболеваний по рентгеновским снимкам «Медицинской автоматизированной диагностической информационной системы» // *Промышленные АСУ и контроллеры.* – 2015. – № 1. – С. 34-43. – ISSN 1561-1531.
11. *Проскуряков А.В., Смеречинский Д.В.* Информационное обеспечение интегрированной автоматизированной системы обработки данных результатов обследования в медицинском учреждении // *Промышленные АСУ и контроллеры.* – 2015. – № 2. – С. 30-39. – ISSN 1561-1531.
12. *Проскуряков А.В.* Реализация способов диагностики заболеваний в медицинской автоматизированной информационной системе поддержки принятия решений. // *Сб. трудов XII Международной научно-технической конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ'2016).* – Владимир, Суздаль, 2016. – С. 303-307.
13. *Тарасов Н.В., Проскуряков А.В.* Реализация алгоритма информационно-энтропийного анализа медицинских рентгенографических и томографических снимков // *Матер. IV Всероссийской научно-технической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты компьютерных технологий и информационной безопасности» (ФПАКТИВ'2018).* – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2018. – С. 461-465.
14. *Проскуряков А.В., Самойленко А.П.* Формирование статистического образа для распознавания состояния репаративного процесса костных тканей // *Сб. трудов XIII Международной научно-технической конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ'2018).* – Владимир, Суздаль, 2018. – С. 205-209.
15. *Проскуряков А.В., Самойленко А.П.* Методология верификации состояния фрагментов биологических объектов по компьютерно-томографическим изображениям // *Сб. трудов XIII Международной научно-технической конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ'2018).* – Владимир, Суздаль, 2018. – С. 209-212.
16. *Проскуряков А.В., Самойленко А.П.* Метод построения статистических портретов при реализации безэталонного способа обработки и анализа медицинских рентгенографических и томографических снимков // *Сб. материалов XVI Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Информационные технологии, системный анализ и управление» (ИТСАиУ-2018).* – Ростов-на-Дону, Таганрог, 2018. – С. 207-213.
17. *Проскуряков А.В.* Реализация безэталонного способа обработки медицинских рентгенографических и томографических снимков для диагностики заболеваний // *Матер. Всероссийской научно-технической конференции с международным участием имени профессора О.Н. Пьявченко «КомТех-2019».* – Ростов-на-Дону, Таганрог, 2019. – С. 156-164.
18. *Проскуряков А.В.* Верификация состояния фрагментов биологических объектов по компьютерно-томографическим изображениям // *Матер. Всероссийской научно-технической конференции с международным участием имени профессора О.Н. Пьявченко «КомТех-2019».* – Ростов-на-Дону, Таганрог, 2019. – С. 169-175.
19. *Проскуряков А.В.* Синтез информационной системы верификации фрагментов биологических объектов для диагностики заболеваний на базе методов системно-концептуального подхода // *Сб. материалов XVII Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Информационные технологии, системный анализ и управление» (ИТСАиУ-2019).* – Ростов-на-Дону, Таганрог, 2019. – С. 207-213.
20. *Проскуряков А.В.* Автоматизация процесса верификации состояния фрагментов биологических объектов для диагностики заболеваний подсистемой поддержки принятия решений // *Информатизация и связь.* – 2021. – № 8. – С. 85-90.

REFERENCES

1. *Blinov N.N., Mazurov A.I.* Chto vpered? [What's ahead?], *Med. tekhnika* [Honey. technic], 2006, No. 5, pp. 3-6.
2. *Blinov N.N., Mazurov A.I.* Problemy rasshireniya diagnosticheskikh vozmozhnostey meditsinskoj rentgenotekhniki [Problems of expanding diagnostic capabilities of medical X-ray equipment], *Med. tekhnika* [Honey. technic], 2011, No. 5, pp. 1-5
3. *Volkov A.G.* Lobnye pazukhi [Frontal sinuses]. Rostov-on-Don: Izd-vo «Feniks», 2000, 512 p.

4. *Mukhin Yu.Yu., Lebedev G.S.* Podkhody k parametriceskoy otsenke i sopostavleniyu funktsiy meditsinskikh informatsionnykh sistem [Approaches to parametric assessment and comparison of functions of medical information systems], *Informatsionno-izmeritel'nye sistemy* [Information and measurement systems], 2013, No. 10, pp. 19-27.
5. *Gusev A.V., Romanov F.A., Dudanov I.P., Voronin A.V.* Meditsinskie informatsionnye sistemy: monografiya [Medical information systems: monograph]. Petrozavodsk: Petr.GU, 2005, 404 p.
6. *Rozhkova N.I., Kochetova G.P.* Dinamika tekhnicheskoy osnashchennosti diagnosticheskoy sluzhby Rossiyskoy Federatsii za 2002-2010 gg. [Dynamics of technical equipment of the diagnostic service of the Russian Federation for 2002-2010], *Med. tekhnika* [Honey. Technic], 2012, No. 2, pp. 1-5.
7. *Volkov A.G., Samoilenko A.P., Proskuryakov A.V.* Metod diagnostiki sostoyaniya paranazal'nykh pazukh po ikh rentgenograficheskim izobrazheniyam [Method of diagnosing the condition of paranasal sinuses by their radiographic images], *X Mezhdunarodnuyu nauchno-tekhnicheskuyu konferentsiyu «Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii» (FREME'2012)* [International Scientific and Technical Conference "Physics and Radio Electronics in Medicine and Ecology" (FREME'2012)], 2012, pp. 63-67.
8. *Samoilenko A.P., Proskuryakov A.V.* Sposoby realizatsii metoda diagnostiki sostoyaniya paranazal'nykh pazukh po ikh rentgenograficheskim izobrazheniyam [Methods of implementing the method of diagnosing the condition of paranasal sinuses by their radiographic images], *Sb. trudov XI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii» (FREME'2014)* [Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference "Physics and Radio Electronics in Medicine and Ecology" (FREME'2014)], 2014, pp. 71-75.
9. *Proskuryakov A.V., Samoilenko A.P.* ARM podderzhki prinyatiya resheniy pri diagnostike LOR-zabolevaniy meditsinskoy integrirovannoy avtomatizirovannoy informatsionnoy diagnosticheskoy sistemy [Decision support ARM for the diagnosis of ENT diseases of the medical integrated automated information diagnostic system], *Sb. trudov XI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii» (FREME'2014)* [Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference "Physics and Radio Electronics in Medicine and Ecology" (FREME'2014)], 2014, pp. 68-72.
10. *Proskuryakov A.V., Samoilenko A.P.* Podsystema matematicheskogo i programmnoy obespecheniya podderzhki prinyatiya resheniy na baze sposobov diagnostiki zabolevaniy po rentgenovskim snimkam «Meditsinskoy avtomatizirovannoy diagnosticheskoy informatsionnoy sistemy» [Subsystem of mathematical and software support for decision-making based on methods of diagnosis of diseases by X-rays "Medical automated diagnostic information system"], *Promyshlennyye ASU i kontrolyery* [Industrial automated control systems and controllers], 2015, No. 1, pp. 34-43. ISSN 1561-1531.
11. *Proskuryakov A.V., Smerechinskiy D.V.* Informatsionnoe obespechenie integrirovannoy avtomatizirovannoy sistemy obrabotki dannykh rezul'tatov obsledovaniya v meditsinskom uchrezhdenii [Information support of the integrated automated data processing system of examination results in a medical institution], *Promyshlennyye ASU i kontrolyery* [Industrial automated control systems and controllers], 2015, No. 2, pp. 30-39. ISSN 1561-1531.
12. *Proskuryakov A.V.* Realizatsiya sposobov diagnostiki zabolevaniy v meditsinskoy avtomatizirovannoy informatsionnoy sisteme podderzhki prinyatiya resheniy [Implementation of methods for diagnosing diseases in a medical automated decision support information system], *Sb. trudov XII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii» (FREME'2016)* [Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference "Physics and Radio Electronics in Medicine and Ecology" (FREME'2016)]. Vladimir, Suzdal', 2016, pp. 303-307.
13. *Tarasov N.V., Proskuryakov A.V.* Realizatsiya algoritma informatsionno-entropiynogo analiza meditsinskikh rentgenograficheskikh i tomograficheskikh snimkov [Implementation of the algorithm of information-entropy analysis of medical radiographic and tomographic images], *Mater. IV Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Fundamental'nye i prikladnye aspekty komp'yuternykh tekhnologiy i informatsionnoy bezopasnosti» (FPAKTIB'2018)* [Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Technical Conference "Fundamental and Applied Aspects of Computer Technology and Information Security" (FPAKTIB'2018)]. Rostov-on-Don: Izd-vo YuFU, 2018, pp. 461-465.

14. Proskuryakov A.V., Samoilenko A.P. Formirovanie statisticheskogo obraza dlya raspoznavaniya sostoyaniya reparativnogo protsessa kostnykh tkaney [Formation of a statistical image for recognition of the state of the reparative process of bone tissues], *Sb. trudov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii» (FREME'2018)* [Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference "Physics and Radio Electronics in Medicine and Ecology" (FREME'2018)]. Vladimir, Suzdal', 2018, pp. 205-209.
15. Proskuryakov A.V., Samoilenko A.P. Metodologiya verifikatsii sostoyaniya fragmentov biologicheskikh ob"ektov po komp'yuterno-tomograficheskim izobrazheniyam [Methodology of verification of the state of fragments of biological objects by computer tomographic images], *Sb. trudov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii» (FREME'2018)* [Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference "Physics and Radio Electronics in Medicine and Ecology" (FREME'2018)]. Vladimir, Suzdal', 2018, pp. 209-212.
16. Proskuryakov A.V., Samoilenko A.P. Metod postroeniya statisticheskikh portretov pri realizatsii bezetalonnogo sposoba obrabotki i analiza meditsinskikh rentgenograficheskikh i tomograficheskikh snimkov [Method of constructing statistical portraits in the implementation of a non-etalon method of processing and analyzing medical radiographic and tomographic images], *Sb. materialov XVI Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Informatsionnye tekhnologii, sistemnyy analiz i upravlenie» (ITSAiU-2018)* [Collection of materials of the XVI All-Russian Scientific Conference of Students, postgraduates and young scientists "Information technologies, system analysis and management" (ITSAiU-2018)]. Rostov-on-Don, Taganrog, 2018, pp. 207-213.
17. Proskuryakov A.V. Realizatsiya bezetalonnogo sposoba obrabotki meditsinskikh rentgenograficheskikh i tomograficheskikh snimkov dlya diagnostiki zabolevaniy [Implementation of a non-etalon method of processing medical radiographic and tomographic images for the diagnosis of diseases], *Mater. Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem imeni professora O.N. Pyavchenko «KomTekh-2019»* [Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation named after Professor O.N. Piavchenko "Komtech-2019"]. Rostov-on-Don, Taganrog, 2019, pp. 156-164.
18. Proskuryakov A.V. Verifikatsiya sostoyaniya fragmentov biologicheskikh ob"ektov po komp'yuterno-tomograficheskim izobrazheniyam [Verification of the state of fragments of biological objects using computed tomographic images], *Mater. Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem imeni professora O.N. Pyavchenko «KomTekh-2019»* [Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation named after Professor O.N. Piavchenko "Komtech-2019"]. Rostov-on-Don, Taganrog, 2019, pp. 169-175.
19. Proskuryakov A.V. Sintez informatsionnoy sistemy verifikatsii fragmentov meditsinskikh biologicheskikh ob"ektov dlya diagnostiki zabolevaniy na baze metodov sistemno-kontseptual'nogo podkhoda [Synthesis of the information system of verification of fragments of medical biological objects for the diagnosis of diseases based on the methods of the system-conceptual approach], *Sb. materialov XVII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Informatsionnye tekhnologii, sistemnyy analiz i upravlenie» (ITSAiU-2019)* [Collection of materials of the XVII All-Russian Scientific Conference of Students, postgraduates and young scientists "Information technologies, system analysis and management" (ITSAiU-2019)]. Rostov-on-Don, Taganrog, 2019, pp. 207-213.
20. Proskuryakov A.V. Avtomatizatsiya protsessa verifikatsii sostoyaniya fragmentov meditsinskikh biologicheskikh ob"ektov pod sistemoy podderzhki prinyatiya resheniy dlya diagnostiki zabolevaniy [Automation of the process of verifying the state of fragments of medical biological objects by the subsystem of decision support for the diagnosis of diseases], *Informatizatsiya i svyaz'* [Informatization and communication], 2021, No. 8, pp. 85-90.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

Проскуряков Александр Викторович – Южный федеральный университет; e-mail: avproskuryakov@sfedu.ru; г. Таганрог, Россия; тел.: +78634371673; кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ; старший преподаватель.

Proskuryakov Alexander Viktorovich – Southern Federal University; e-mail: avproskuryakov@sfedu.ru; Taganrog, Russia; phone: +78634371673; the department of mathematical support and computer application; senior lecturer.