

17. Kuai L., Hong W., Chen J., Zhou H. A Frequency Synthesizer for LO in Millimeter-wave 5G Massive MIMO System, 2019 IEEE Asia-Pacific Microwave Conference (APMC). Singapore, 2019, pp. 1014-1016.
18. HMC586LC4B Wideband MMIC VCO w/ Buffer Amplifier, 4–8 GHz, Data Sheet, Analog Devices, 2017. Available at: <https://www.micro-semiconductor.com/datasheet/ee-HMC586LC4BTR-R5.pdf>.
19. PLL Frequency Synthesizer ADF4106, Data Sheet, Analog Devices, 2012. Available at: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/670927/AD/ADF4106BCPZ.html>.
20. 74HCT9046A PLL with band gap controlled VCO. Product data sheet. Rev. 9. Nexperia B.V. 2020.
21. Pilipenko A.M. Issledovanie bystrodeystviya gibridnykh sintezatorov chastot [Research of performance of hybrid frequency synthesizers], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2016, No. 3 (176), S. 15-30.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Ю.А. Кравченко.

Пилипенко Александр Михайлович – Южный федеральный университет; e-mail: ampilipenko@sfedu.ru; г. Таганрог, Россия; тел.: 88634371632; кафедра теоретических основ радиотехники; к.т.н.; доцент; зав. кафедрой.

Бондаренко Иван Владимирович – ПАО «Яковлев», филиал «Региональные самолеты»; e-mail: vanya5911@mail.ru; г. Таганрог, Россия; инженер-конструктор.

Pilipenko Alexandr Mikhaylovich – Southern Federal University; e-mail: ampilipenko@sfedu.ru; Taganrog, Russia; phone: +78634371632; the department of fundamentals of radio engineering; cand. of eng. sc.; associate professor; head of the department.

Bondarenko Ivan Vladimirovich – PJSC «Yakovlev», branch «Regional aircraft»; e-mail: vanya5911@mail.ru; Taganrog, Russia; design engineer.

УДК 004.42+004.3; 57.08+615.47+615.8 DOI 10.18522/2311-3103-2023-6-199-211

А.В. Проскураков

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РЕАЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ КОНЦЕПЦИИ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЕРИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ФРАГМЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Рассматриваются подходы и их анализ к проектированию и реализации медицинских информационных систем на базе концепции киберфизической системы для решения задач верификации состояния фрагментов медицинских биологических объектов в процессе диагностики заболеваний. Показана актуальность разработки средств и методов автоматизации процессов диагностики и лечения на базе передовых технологий с повсеместным внедрением медицинских информационных систем (МИС), медицинских автоматизированных информационных систем (МАИС), медицинских автоматизированных диагностических информационных систем (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, при реализации модели развития отечественного производства технологического оборудования и медицинских изделий. Сделан анализ, что должна включать в свой состав, по какому принципу строиться, каким принципам построения удовлетворять МИС, как киберфизическая система (КФС). Показана технологическая последовательность, представляющая собой анализ рентгенографических изображений, принятие решений на основании анализа этих изображений, постановка диагноза на основании принятых решений подсистемой принятия решений МИС, которые должны осуществляться путем разработки и применения алгоритмов автоматизации процесса диагностики, реализуемых

разработанным программным и информационным обеспечением для обслуживания подсистемы принятия решений. Описана реализация процесса верификации состояния фрагментов биологических объектов по компьютерно - томографическим изображениям МИС. В статье акцент сделан на анализ рентгенографических изображений, принятие решений на основании анализа этих изображений, постановка диагноза на основании принятых решений. Приведены примеры прикладной, практической реализации программного и информационного обеспечения процесса автоматизации верификации медицинских объектов в виде экранных форм для работы с фрагментами исследуемого объекта и результатами анализа рентгенографических изображений. Всё это позволяет повысить оперативность, точность верификации состояния медицинских биологических объектов, достоверность процесса диагностики заболеваний. Показана научная новизна, результаты апробации материала, представленного в статье на международных, всероссийских конференциях, научных журналах.

Автоматизация; биологический; верификация; безэталонный метод верификации; диагностика; информация; киберфизическая; медицинский; метод; метод эталонный; подсистема; программно-аппаратный модуль; процесс; система; статистика; рентгенография; решение; томография; энтропия; эталон.

A.V. Proskuryakov

ANALYSIS OF APPROACHES TO THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS BASED ON THE CONCEPT OF A CYBER-PHYSICAL SYSTEM FOR SOLVING PROBLEMS OF VERIFYING THE STATE OF FRAGMENTS OF MEDICAL BIOLOGICAL OBJECTS

This article discusses approaches and their analysis to the design and implementation of medical information systems based on the concept of a cyberphysical system for solving problems of verifying the state of fragments of medical biological objects in the process of diagnosing diseases. The relevance of the development of tools and methods for automating diagnostic and treatment processes based on advanced technologies with the widespread introduction of medical information systems (MIS), medical automated information systems (MAIS), medical automated diagnostic information systems (MADIS) based on a complex of technical means (CTS) of computer technology (VT), a complex of software (KPS,) system and instrumental, network technologies and computer networks, new information technologies in general, when implementing a model for the development of domestic production of technological equipment and medical products. An analysis is made of what should be included in its composition, according to which principle it should be built, which principles of construction should satisfy the MIS, as a cyberphysical system (CFS). The technological sequence is shown, which is the analysis of X-ray images, decision-making based on the analysis of these images, diagnosis based on the decisions made by the decision-making subsystem of the MIS, which should be carried out by developing and applying algorithms for automating the diagnostic process implemented by the developed software and information support for the maintenance of the decision-making subsystem. The implementation of the process of verifying the state of fragments of biological objects using computed tomographic images of MIS is described. The article focuses on the analysis of X-ray images, decision-making based on the analysis of these images, diagnosis based on the decisions made. Examples of applied, practical implementation of software and information support for the process of automation of verification of medical facilities 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 given. All 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.

Automation; biological; verification; non-etalon verification method; diagnostics; information; cyberphysical; medical; method; reference method; subsystem; hardware and software module; process; system; statistics; radiography; solution; tomography; entropy; standard.

Введение. В данной статье рассматриваются подходы и их анализ к проектированию и реализации медицинских информационных систем на базе концепции киберфизической системы для решения задач верификации состояния фрагментов медицинских биологических объектов в процессе диагностики заболеваний.

Следует отметить, что 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. Развитие информационных технологий и современных средств телекоммуникаций, появление в клиниках большого количества медицинских приборов, отдельных компьютеров привели к новому витку автоматизации процессов обработки информации, а также к значительному росту числа медицинских информационных систем лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ), клиник [1–4].

Таким образом, в современных условиях развития акцент делается на диагностические направления медицины, методы и способы ранней диагностики, а также медицинские автоматизированные диагностические информационные системы.

Решению задач повышения эффективности диагностики заболеваний путём своевременного выявления различных заболеваний и проведения дифференциальной диагностики мешают следующие проблемы, такие как: сокращение финансирования, в результате огромное количество медучреждений в средних, малых городах и сельской местности могут остаться неохваченными передовыми технологиями в области диагностики и лечения заболеваний, превышение импорта по отношению к экспорту медицинского оборудования и медицинских изделий, то есть большая импортозависимость в данной области.

Выходом в создавшейся ситуации является, разработка средств и методов автоматизации процессов диагностики и лечения на базе передовых технологий с повсеместным внедрением медицинских информационных систем (МИС), медицинских автоматизированных информационных систем (МАИС), медицинских автоматизированных диагностических информационных систем (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, при реализации модели развития отечественного производства технологического оборудования и медицинских изделий с учётом поддержки государства, позволяющих своевременно, оперативно осуществлять диагностику, лечение, сопровождение пациентов в клиниках и стационарах [1, 3–6].

Одним из таких перспективных направлений является подход к проектированию и реализации медицинских информационных систем на базе концепции киберфизической системы.

Постановка задачи. Данная работа ориентирована на рассмотрении подхода к проектированию и реализации медицинских информационных систем на базе концепции киберфизической системы для решения задач в процессе верификации медицинских биологических объектов и их фрагментов по рентгенографическим и компьютерно-томографическим снимкам медицинской информационной системой, как киберфизической системы для автоматизации диагностики заболеваний.

Следует отметить то, что рассмотрение и решение данных задач было невозможно без информатизации медицины и здравоохранения в целом, которое в мире идет уже в течение нескольких десятилетий. Можно выделить следующие этапы информатизации медицины.

1. Информатизация начиналась с поддержки отдельных врачебных решений.

2. Далее произошло изменение направления на автоматизацию управленческих процессов.

3. Произошёл возврат к дифференцированным информационным системам по отдельным клиническим направлениям и по проблемам, которые обеспечивали поддержку и реализацию различных бизнес-процессов.

4. В дальнейшем медицинские информационные системы (МИС, в английском варианте наиболее близко HIS – информационные системы здравоохранения), обеспечивающие традиционную информатизацию и компьютеризацию процессов медицинской организации, начали трансформироваться в гибридные МИС, включающие модули поддержки принятия решений, реализованные различными способами.

Анализ предметной области. Дадим определение киберфизической системы.

Определение 1. Киберфизическая система (от англ. *cyber-physical system*) – информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические сущности любого вида, включая биологические и рукотворные объекты.

В киберфизических системах вычислительная компонента распределена по всей физической системе, которая является её носителем, и синергетически увязана с её составляющими элементами

То есть киберфизическая система (КФС) – это система, основанная на интеграции вычислений с физическими процессами. Встраиваемые компьютеры совместно с сетями осуществляют мониторинг и контроль за физическими процессами, обычно путем передачи данных через узлы системы, где физические процессы влияют на вычисления и наоборот.

Таким образом можно выделить следующие основные особенности КФС.

1. Киберфизическая система представляет собой сложную распределенную систему, тесно интегрированную с глобальной сетью Интернет и его пользователями.

2. В КФС физические и программные компоненты тесно взаимосвязаны.

3. Каждая компонента работает в разных пространственных и временных масштабах, проявляет множество различных поведенческих модальностей и взаимодействует с другими множеством способов, которые меняются в зависимости от поступающих сигналов и контекста.

Следовательно можно сделать выводы:

- ◆ компоненты КФС функционируют в различных пространственных и временных масштабах;
- ◆ характеризуются множеством модальностей;
- ◆ взаимодействуют множеством способов, изменяющихся в зависимости от контекста.

Несомненно то, что наибольший интерес представляет применение концепции КФС применительно к промышленным производственным системам. Однако наряду с промышленностью, производственными процессами актуальность применение концепции КФС в медицине очевидна.

Поэтому следует отметить, что;

◆ в киберфизических системах (КФС) в промышленности и других областях и отраслях деятельности вычислительные элементы взаимодействуют с датчиками, которые обеспечивают мониторинг показателей, и с исполнительными элементами, которые вносят изменения в киберфизическую среду;

◆ обработка биосигналов вычислительными системами должна сопровождаться их интеллектуальным анализом, т.е. вычислительные элементы и интеллектуальные решатели взаимодействуют с мониторирующими системами.

Следовательно таким образом, в системе охраны здоровья в реальном времени осуществляется дистанционный мониторинг параметров различных систем организма с их количественной и контекстной оценкой, выдачей контролирующей информации и, при необходимости, решений или рекомендаций.

В настоящее время одним из актуальных направлений развития компьютерных технологий в различных отраслях промышленности, в том числе и медицине, становится обработка цифровых изображений, которая предполагает:

- 1) улучшение качества изображения;
- 2) восстановление поврежденных изображений;
- 3) распознавание отдельных элементов изображения.

Использование методов интерактивной обработки цифровых изображений дает возможность получения новой диагностической информации, создания систематизированных электронных архивов рентгенодиагностической информации. Распознавание патологических процессов является одной из наиболее важных задач автоматизированной обработки и анализа медицинских изображений [2, 3, 5].

При рассмотрении процесса верификации медицинских биологических объектов и их фрагментов подсистемой поддержки принятия решений для диагностики заболеваний и представлении его, как автоматизированного технологического процесса, можно выделить следующие этапы:

- 1) обработка рентгенографических изображений;
- 2) анализ рентгенографических изображений;
- 3) принятие решений на основании анализа этих изображений;
- 4) постановка диагноза на основании принятых решений.

Анализ рентгенографических изображений, принятие решений на основании анализа этих изображений, постановка диагноза на основании принятых решений подсистемой принятия решений МИС должны осуществляться путём разработки и применения алгоритмов автоматизации процесса диагностики, реализуемых разработанным программным и информационным обеспечением для обслуживания подсистемы принятия решений [5, 7–10].

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

- 1) включать в свой состав автоматизированные рабочие места (АРМ) врачей клиницистов;
- 2) строиться по принципу интеграции отдельных подсистем в единую целую систему;
- 3) каждая подсистема удовлетворять модульному принципу построения, развития и подключения – интеграции в систему на уровне комплекса технических средств (КТС);
- 4) удовлетворять модульному принципу построения на уровне комплекса программных средств (КПС);
- 5) поддерживать управление и работу сервисных служб системы;
- 6) 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;
- 7) формировать и выдавать оперативные и достоверные результаты диагностики.

В качестве объектов исследования в процессе верификации могут выступать: объект наблюдения (ОН), объект контроля (ОК) и объект управления (ОУ). В нашем случае при решении задачи постановки диагноза в процессе верификации в качестве объектов исследования более подходящими могут выступать ОК.

Определим объекты процесса верификации медицинских биологических объектов и их фрагментов, как технологического процесса подсистемой поддержки принятия решений МИС, при диагностике заболеваний. При конкретизации в роли ОК, в качестве базового медицинского биологического объекта выступает пациент, а в качестве фрагментов медицинского биологического объекта выступают отдельные органы и области в организме пациента, подлежащие обследованию при диагностике заболеваний.

Важной задачей при анализе рентгенографических изображений медицинских биологических объектов и их фрагментов является решение задачи улучшения качества изображения.

С целью улучшения качества рентгеновских снимков и повышения их информативности был разработан алгоритм и реализовано программное обеспечение подсистемы программного обеспечения для их коррекции и анализа, включающая следующие функциональные возможности:

- 1) поворот, отражение и инвертирование изображения;
- 2) применение алгоритмов шумоподавления;
- 3) коррекция общей интенсивности изображения;
- 4) анализ областей методами математической статистики.

Реализация процесса верификации медицинских биологических объектов и их фрагментов медицинской информационной системой как киберфизической системой. В данной статье в качестве объектов исследования в процессе верификации, представляющего собой автоматизированный процесс верификации фрагментов медицинских биологических объектов выступают лобные и гайморовы пазухи, состояние которых является фактором для выявления ряда ЛОР болезней при рассмотрении диагностики этого вида заболеваний. В рассматриваемом процессе диагностики лобных пазух, границы которых выделены красной пунктирной линией и гайморовых пазух, выделенные на снимке жёлтой пунктирной линией, информативными областями, которые подлежат исследованию, являются непосредственно пазухи, а также глазницы на рис. 1 [7, 8, 10].

Пример экранной формы для работы с фрагментами исследуемого объекта посредством анализа информативных областей на рентгеновском снимке представлены на рис. 1.

В процессе функционирования подсистемы поддержки принятия решений МИС могут использоваться различные математические модели следующих методов (способов) верификации, используемых для диагностики:

- 1) метод сравнения с эталоном, основанный на математической статистике при автоматической диагностике рентгенографического изображения изображения, выбранного фрагмента снимка, на котором имеет место постоянное значение интенсивности яркости;
- 2) метод, основанный на вычислении расстояния между изображениями эталона и исследуемой области;
- 3) метод, основанный на вычислении оценки информативности эталона и исследуемой области;
- 4) безэталонный метод обработки изображений исследуемых областей на рентгенографическом снимке;
- 5) информационно-энтропийный метод диагностики.

При использовании метода сравнения с эталоном, основанном на математической статистике при автоматической диагностике рентгенографического изображения изображения необходимо выделять эталонную и исследуемую области на снимке.

Примеры программной и информационной реализации процесса верификации медицинских биологических объектов и их фрагментов. Режим работы «Редактор снимков». После выбора нового, либо открытия ранее сохраненного в базе данных снимка, возможно его редактирование. Интерфейс экранной формы окна режима редактирования показан на рис. 2.

Для начала требуется задать правильное положение снимка в редакторе с помощью кнопок:

1.  – поворот по часовой стрелке;
2.  – отобразить слева на право.

Последовательность действий при использовании редактора снимков заключается в следующем.

- 1) необходимо выделить новую область для анализа;
- 2) чтобы выделить новую область необходимо в сегменте «Область» выбрать её название и задать используемый для отображения контуров и графиков цвет кнопкой .

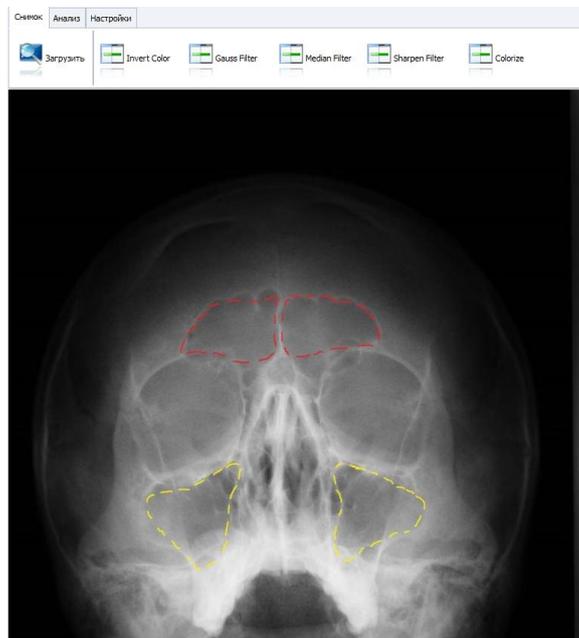


Рис. 1. Информативные области исходного изображения в процессе прохождения инструментального исследования для верификации фрагментов исследуемых объектов

3) затем выделить контуром желаемую часть на снимке с помощью левой клавиши мыши;

4) после завершения выделения объекта на снимке автоматически отображается информация о его характеристиках:

- 4.1. «Математическое ожидание».
- 4.2. «Дисперсия».
- 4.3. «Среднеквадратическое отклонение».
- 4.4. «Коэффициент вариации».
- 4.5. «Неоднородность».

5). затем так же на графике строится гистограмма с соответствующим цветом выделенной области.

Результаты анализа и обработки должны быть сохранены в базе данных. Для сохранения результата необходимо воспользоваться кнопкой , либо повторите выделение при неудачном выборе области.

В списке областей отображаются названия сохраненных результатов выделенных в процессе исследования объектов, где отмеченные галочкой объекты отображаются на графике.

Список можно редактировать:

- 1) меняя цвет либо название сохраненной области кнопкой ;
- 2) а так же удалять ненужные результаты кнопкой .

Режим работы «Анализ результатов». Если дважды нажать левой клавишей мыши на график гистограмм, то запустится окно анализа выделенных областей. Окно анализа выделенных областей для анализа объектов отмеченных галочками в списке показано на рис. 3. В нем можно провести визуальное и числовое сравнение характеристик выделенных областей, выбрав в сегментах «Объект» и «Эталон» названия анализируемых выборок, после чего их характеристики будут отображены на графиках и вписаны в соответствующие поля.

Для подробного анализа одной из выделенных областей, требуется отметить её в списке и после отображения области, нажать на неё дважды левой кнопкой мыши. В результате будет отображено дополнительное окно анализа одной из выделенных областей.

Научная новизна. Результаты. Научная новизна заключается в одном из подходов анализа к проектированию и реализации медицинских информационных систем на базе концепции киберфизической системы для:

1) решения задач верификации состояния фрагментов медицинских биологических объектов в процессе диагностики заболеваний медицинской информационной системой, как киберфизической системой для автоматизации диагностики заболеваний [8, 10–12];

2) синтеза алгоритмов реализуемых программным и информационным обеспечением медицинской информационной системы [7, 10–13];

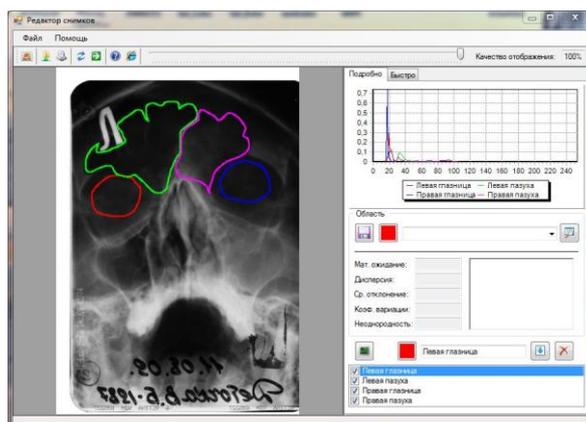


Рис. 2. Экранная форма режима работы «Редактор снимков». Выделение эталонного и исследуемого фрагмента объекта

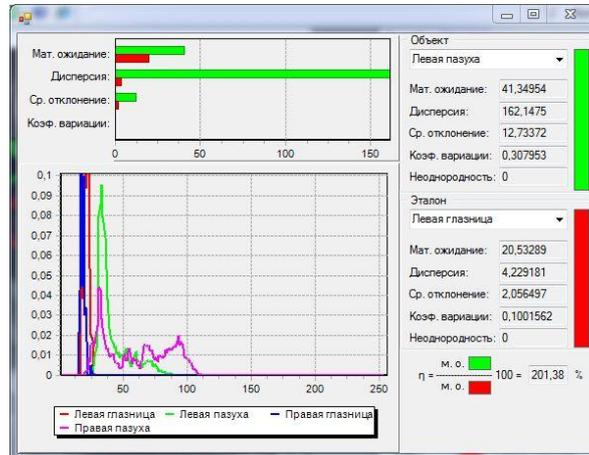


Рис. 3. Экранная форма режима работы «Анализ выделенных областей»

- 3) реализации, применении методов верификации состояния фрагментов медицинских биологических объектов по рентгенографическим и компьютерно-томографическим изображениям [12, 13, 16, 17, 19, 20];
- 4) диагностики заболеваний;
- 5) использования для этого статистических параметров (математическое ожидание, дисперсия, гистограмма, коэффициент вариации, коэффициент корреляции);
- 6) количественной оценки состояний лобной или верхнечелюстной пазухи;
- 7) их идентификации в соответствии с классом патологий при диагностике пациента в автоматическом режиме по рентгенографическим (томографическим) изображениям [14–20].

Заключение. Это позволило получить следующие результаты:

- 1) сделан анализ подходов к проектированию и реализации медицинских информационных систем на базе концепции киберфизической системы;
- 2) медицинская информационная система на базе концепции киберфизической системы ориентирована на решение задач верификации состояния фрагментов медицинских биологических объектов в процессе диагностики заболеваний;
- 3) представлена реализация процесса верификации состояния фрагментов биологических объектов по компьютерно-томографическим изображениям медицинской информационной системой.
- 4) показаны примеры прикладной, практической реализации программного и информационного обеспечения процесса автоматизации верификации медицинских объектов в виде экранных форм для работы с фрагментами исследуемого объекта и результатами анализа рентгенографических изображений;
- 5) результаты исследований, представленные в данной работе прошли апробацию на десяти международных и семнадцати Всероссийских научно-технических конференциях, опубликованы в научно-технических журналах, входящих в перечень ВАК.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куракова Н.А. Информатизации здравоохранения как инструмент создания «Саморегулируемой системы организации медицинской помощи» // Врач и информационные технологии. – 2009. – № 2. – С. 24-27.
2. Гостюшкин В.В., Косых Н.Э., Савин С.З. Модели и методы обработки медицинских изображений. – Хабаровск: Вычислительный центр ДВО РАН, 2010. – 20 с.

3. *Блинов Н.Н., Мазуров А.И.* Проблемы расширения диагностических возможностей медицинской рентгенотехники // Медицинская техника. – 2011. – № 5. – С. 1-5.
4. *Рожкова Н.И., Кочетова Г.П.* Динамика технической оснащённости диагностической службы Российской Федерации за 2002-2010 гг. // Медицинская техника. – 2012. – № 2. – С. 1-5.
5. *Волков А.Г., Самойленко А.П., Проскуряков А.В.* Метод диагностики состояния параназальных пазух по их рентгенографическим изображениям // X Международная научно-техническая конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ'2012). – 2012. – С. 63-67.
6. *Мухин Ю.Ю., Лебедев Г.С.* Подходы к параметрической оценке и сопоставлению функций медицинских информационных систем // Информационно-измерительные системы. – 2013. – № 10. – С. 19-27.
7. *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.
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.* 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.
12. *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.
13. *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.
14. Концептуальный подход к проектированию и построению современных медицинских автоматизированных информационных систем (МАИС) // Сб. трудов VII Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Проблемы автоматизации, региональное управление, связь и автоматика» ПАРУСА – 2019 (Геленджик, 6–8 ноября 2019 г.). – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019. – С. 318-332. – ISBN: 978-5-9275-3356-5 (Т. 1). – ISBN 978-5-9275-3355-8.
15. *Проскуряков А.В.* Медицинская автоматизированная информационная система поддержки принятия решения для диагностики заболеваний с использованием верификации состояния фрагментов медико-биологических объектов по компьютерно-томографическим изображениям // Информатизация и связь. – 2020. – № 3. – С. 55-60.
16. *Проскуряков А.В.* Информационное и программное обеспечение реализации методов верификации состояния фрагментов медицинских биологических объектов по компьютерно-томографическим изображениям подсистемой принятия решений для диагностики заболеваний // Матер. X Международной научно-технической конференции «Технологии разработки информационных систем» (ТРИС-2020), (05-10 октября 2020 г.). – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020. – С. 175-181.

17. Реализация методологии верификации состояния фрагментов медицинских биологических объектов по компьютерно-томографическим изображениям подсистемой принятия решений для диагностики заболеваний // Сб. трудов (докладов) Всероссийской научно-технической конференции с международным участием имени профессора О.Н. Пьявченко «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении», (КомТех-2021), (08-11 июня 2021 г.). – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2021. – С. 258-268. – ISBN 978-5-9275-3883-6.
18. *Проскуряков А.В.* Автоматизация процесса верификации состояния фрагментов медицинских биологических объектов подсистемой поддержки принятия решений для диагностики заболеваний // Информатизация и связь. – 2021. – № 8. – С. 85-90. – DOI 10.34219/2078-8320-2020-11-3-55-60. – ISSN 2078-8320.
19. Методы реализации верификации состояния фрагментов медицинских биологических объектов по компьютерно-томографическим изображениям подсистемой принятия решений для диагностики заболеваний // Сб. трудов X Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Проблемы автоматизации, региональное управление, связь и акустика» ПАРУСА – 2021 (Геленджик, 20–22 октября 2021 г.). – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2021. – С. 63-72. – ISBN 978-5-9275-4002-0.
20. *Проскуряков А.В.* Синтез программного и информационного обеспечения реализации методов верификации состояния медицинских биологических объектов для медицинской автоматизированной информационной системы // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2022. – № 2. – С.199-212. – DOI 10.18522/2911-3103-2022-2-199-212. – ISSN 1999-9429.

REFERENCES

1. *Kurakova N.A.* Informatizatsii zdravookhraneniya kak instrument sozdaniya «Samoreguliruemoy sistemy organizatsii meditsinskoj pomoshchi» [Informatization of healthcare as a tool for creating a "Self-regulating system of medical care organization"], *Vrach i informatsionnye tekhnologii* [Doctor and information technologies], 2009, No. 2, pp. 24-27.
2. *Gostyushkin V.V., Kosykh N.E., Savin S.Z.* Modeli i metody obrabotki meditsinskikh izobrazheniy [Models and methods of medical image processing]. Khabarovsk: Vychislitel'nyy tsentr DVO RAN, 2010, 20 p.
3. *Blinov N.N., Mazurov A.I.* Problemy rasshireniya diagnosticheskikh vozmozhnostey meditsinskoj rentgenotekhniki [Problems of expanding diagnostic capabilities of medical X-ray equipment], *Meditsinskaya tekhnika* [Medical Technician], 2011, No. 5, pp. 1-5.
4. *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], *Meditsinskaya tekhnika* [Medical Technician], 2012, No. 2, pp. 1-5.
5. *Volkov A.G., Samoylenko 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 Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii» (FREME'2012)* [X International Scientific and Technical Conference "Physics and Radio Electronics in Medicine and Ecology" (FREME'2012)], 2012, pp. 63-67.
6. *Mukhin Yu.Yu., Lebedev G.S.* Podkhody k parametricheskoy otsenke i sopolavleniyu 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.
7. *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-Donu Izd-vo YuFU, 2018, pp. 461-465.

8. *Samoylenko 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., Samoylenko A.P.* ARM podderzhki prinyatiya resheniy pri diagnostike LOR-zabolevaniy meditsinskoj 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., Samoylenko A.P.* Podsystema matematicheskogo i programmno go obespecheniya podderzhki prinyatiya resheniy na baze sposobov diagnostiki zabolevaniy po rentgenovskim snimkam «Meditsinskoj 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.* Realizatsiya sposobov diagnostiki zabolevaniy v meditsinskoj avtomatizirovannoy informatsionnoy sisteme podderzhki prinyatiya resheniy [Implementation of methods for diagnosing diseases in a medical automated information system for decision support], *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.
12. *Proskuryakov A.V., Samoylenko 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.
13. *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. Vserossiyskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem imeni professora O.N. P'yavchenko «KomTekh-2019»* [Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation named after professor O.N. P'yavchenko "Komtech-2019"]. Rostov-on-Don; Taganrog, 2019, pp. 169-175.
14. Kontseptual'nyy podkhod k proektirovaniyu i postroeniyu sovremennykh meditsinskikh avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem (MAIS) [Conceptual approach to the design and construction of modern medical automated information systems (MAIS)], *Sb. trudov VII Vserossiyskoj nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov «Problemy avtomatizatsii, regional'noe upravlenie, svyaz' i avtomatika» PARUSA – 2019 (Gelendzhik, 6–8 noyabrya 2019 g.)* [Proceedings of the VII All-Russian Scientific Conference of Young Scientists, postgraduates and students "Problems of automation, regional management, communications and automation" SAILS – 2019 (Gelendzhik, November 6-8, 2019)]. Rostov-on-Don; Taganrog: Izd-vo YuFU, 2019, pp. 318-332. ISBN: 978-5-9275-3356-5 (Vol. 1). ISBN 978-5-9275-3355-8.
15. *Proskuryakov A.V.* Meditsinskaya avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema podderzhki prinyatiya resheniya dlya diagnostiki zabolevaniy s ispol'zovaniem verifikatsii sostoyaniya fragmentov mediko-biologicheskikh ob"ektov po komp'yuterno-tomograficheskim izobrazheniyam [Medical automated information system for decision-making support for the diagnosis of diseases using verification of the state of fragments of biomedical objects using computed tomographic images], *Informatizatsiya i svyaz'* [Informatization and communication], 2020, No. 3, pp. 55-60.

16. Proskuryakov A.V. Informatsionnoe i programmnoe obespechenie realizatsii metodov verifikatsii sostoyaniya fragmentov meditsinskikh biologicheskikh ob"ektov po komp'yuterno-tomograficheskim izobrazheniyam podsystemoy prinyatiya resheniy dlya diagnostiki zabolevaniy [Information and software for the implementation of methods for verifying the state of fragments of medical biological objects using computed tomographic images by the decision-making subsystem for the diagnosis of diseases], *Mater. X Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Tekhnologii razrabotki informatsionnykh sistem» (TRIS-2020), (05-10 oktyabrya 2020 g.)* [Materials of the X International Scientific and Technical Conference "INFORMATION SYSTEMS DEVELOPMENT TECHNOLOGIES" (TRIS-2020), (October 05-10, 2020)]. Taganrog: Izd-vo YuFU, 2020, pp. 175-181.
17. Realizatsiya metodologii verifikatsii sostoyaniya fragmentov meditsinskikh biologicheskikh ob"ektov po komp'yuterno-tomograficheskim izobrazheniyam podsystemoy prinyatiya resheniy dlya diagnostiki zabolevaniy [Implementation of the methodology for verifying the state of fragments of medical biological objects using computed tomographic images by the decision-making subsystem for the diagnosis of diseases], *Sb. trudov (dokladov) Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem imeni professora O.N. Pyavchenko «Komp'yuternye i informatsionnye tekhnologii v nauke, inzhenerii i upravlenii», (KomTekh-2021), (08-11 iyunya 2021 g.)* [Proceedings (reports) of the All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation named after Professor O.N. Piavchenko "Computer and information technologies in science, engineering and management", (Comtech-2021), (June 08-11, 2021)]. Rostov-on-Don; Taganrog: Izd-vo YuFU, 2021, pp. 258-268. ISBN 978-5-9275-3883-6.
18. Proskuryakov A.V. Avtomatizatsiya protsessa verifikatsii sostoyaniya fragmentov meditsinskikh biologicheskikh ob"ektov 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. DOI 10.34219/2078-8320-2020-11-3-55-60. ISSN 2078-8320.
19. Metody realizatsii verifikatsii sostoyaniya fragmentov meditsinskikh biologicheskikh ob"ektov po komp'yuterno-tomograficheskim izobrazheniyam podsystemoy prinyatiya resheniy dlya diagnostiki zabolevaniy [Methods for the implementation of verification of the state of fragments of medical biological objects using computed tomographic images by the decision-making subsystem for the diagnosis of diseases], *Sb. trudov X Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov «Problemy avtomatizatsii, regional'noe upravlenie, svyaz' i akustika» PARUSA – 2021 (Gelendzhik, 20–22 oktyabrya 2021 g.)* [Proceedings of the X All-Russian Scientific Conference of Young scientists, post-graduates and students "Problems of automation, regional management, communications and acoustics" SAILS – 2021 (Gelendzhik, October 20-22, 2021)]. Rostov-on-Don; Taganrog: Izd-vo YuFU, 2021, pp. 63-72. ISBN 978-5-9275-4002-0.
20. Proskuryakov A.V. Sintez programmnogo i informatsionnogo obespecheniya realizatsii metodov verifikatsii sostoyaniya meditsinskikh biologicheskikh ob"ektov dlya meditsinskoy avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemy [Synthesis of software and information support for the implementation of methods for verifying the state of medical biological objects for a medical automated information system], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2022, No. 2, pp.199-212. DOI 10.18522/2911-3103-2022-2-199-212. ISSN 1999-9429.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.В. Боженюк.

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