

Информационно-аналитическая система обеспечения процесса обследования щитовидной железы при помощи ультразвукового исследования

А.В. Аверченков¹, С.А. Шептунов¹, О.А. Вдовиченко²

¹Институт конструкторско-технологической информатики

²Брянский государственный технический университет

Аннотация: В современных условиях система здравоохранения проходит этап активного внедрения информационных и аналитических средств. В регионах, загрязненных радионуклидами в результате происшествия на ЧАЭС, особую значимость имеет деятельность по профилактике, выявлению и сопровождению случаев заболеваний щитовидной железы. Современные формализованные методы анализа обладают достаточным функционалом и результативностью для внедрения их в качестве источников новых знаний о признаках заболеваний щитовидной железы. В данной работе авторы рассматривают этапы и результаты разработки программного комплекса для информационно-аналитического обеспечения процесса обследования щитовидной железы при помощи ультразвукового исследования.

Ключевые слова: информационные технологии, информационно-аналитические системы, здравоохранение, организационные системы, автоматизация, щитовидная железа, методы поиска ассоциативных правил.

В настоящее время наблюдается активный процесс унификации методов, систем и средств управления для всех отраслей общественной и государственной деятельности. Автоматизация процесса анализа данных о пациентах с целью обеспечения поддержки принятия решений является одним из важных направлений исследований в сфере здравоохранения [1, 2]. Рост количества выявляемых заболеваний обуславливает задачу повышения эффективности деятельности организаций и учреждений здравоохранения. На территории Брянской области данная проблема обладает особой актуальностью по причине загрязнения территории юго-западных районов области радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС, обусловившего значительный рост количества заболеваний щитовидной железы по причине дефицита йода [3, 4].

Эхография, тепловидение и ультразвуковое исследование (УЗИ) позволяют определить наличие образований щитовидной железы

вредоносного характера. С помощью этих методов также удастся установить структуру и размеры железы, состояние мышц и сосудов. В настоящее время наиболее доступным методом обследования щитовидной железы является ультразвуковое исследование. Первичная диагностика при помощи методов ультразвукового исследования щитовидной железы позволяет вовремя выявить заболевания щитовидной железы и провести соответствующий курс лечения [5]. Для обеспечения данного процесса одним из ключевых инструментов является применение информационно-аналитических систем.

Направление по анализу признаков заболеваний щитовидной железы на основе данных ультразвукового исследования в общей картине современных научных исследований является малопопулярным. Иностранные исследователи в основном склонны рассматривать вопрос выявления первичных признаков заболеваний посредством анализа изображений, полученных с применением специальных способов – таких, как позитронно-эмиссионная томография, однофотонная томография и др. Для обработки полученных изображений или моделей применяются различные вариации классификаторов, построенных на базе нейронных сетей различной архитектуры – в том числе, многослойных перцептронов, сверточных нейронных сетей и др. [6 – 8]. Однако в локальных реалиях описанные методы использовать затруднительно в силу отсутствия как парка технического оборудования, соответствующего требованиям к качеству и содержанию полученных изображений и моделей, так и специалистов, обладающих необходимым опытом и квалификацией для использования подобных технических средств.

При этом существующие информационные системы учета пациентов, позволяющие обрабатывать данные, полученные в ходе ультразвукового обследования щитовидной железы, не обладают достаточным аналитическим

функционалом для выполнения задачи обработки, анализа, формирования рекомендаций для полученных данных пациентов.

Целью исследовательской работы являлась разработка информационно-аналитической системы обследования щитовидной железы, позволяющей автоматизировать обработку данных диагностического обследования пациентов.

В рамках исследования была выполнена работа по созданию информационно-аналитической системы, обеспечивающей процесс взаимодействия лиц, взаимодействующих в рамках организационной системы учреждения, осуществляющего процесс обследования пациентов на предмет выявления заболеваний щитовидной железы. Основными сущностями являются врач-диагност, осуществляющий непосредственный осмотр пациентов с применением аппарата ультразвукового исследования, администратор кабинета, отвечающий за корректное внесение выявленных параметров щитовидной железы и её образований в информационную систему (как правило, указанную роль в рамках учреждения системы здравоохранения выполняет фельдшер или медицинская сестра), системный администратор, контролирующий корректность работы технической среды системы, и координатор направления, осуществляющий непосредственный контроль общего процесса диагностики, анализ полученных обобщенных результатов и принимающий управленческие решения, обеспечивающие эффективную работу организационной системы. Сформированная концепция системы позволяет проводить распределенную работу по выявлению заболеваний щитовидной железы в различных районах городов или региона в целом. Схема потоков данных, выявленных в рамках системы, представлена на рис.1.

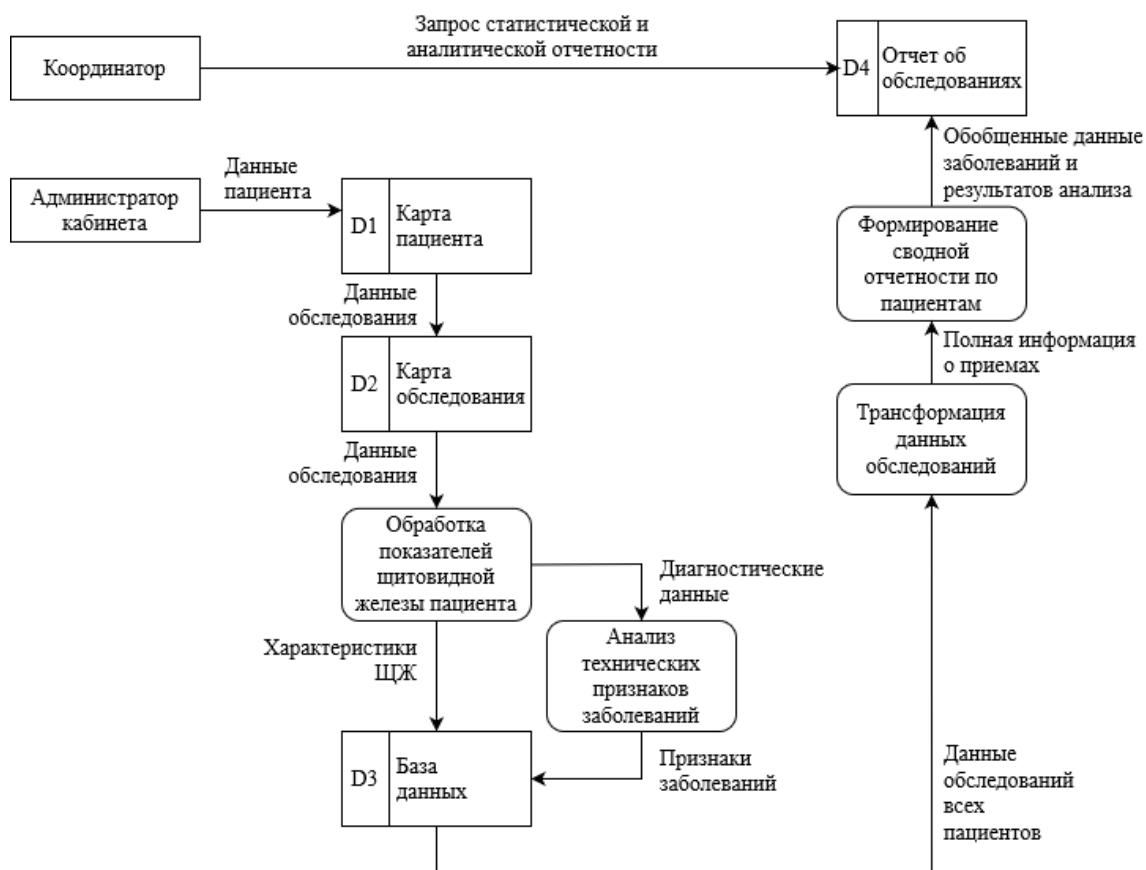


Рис. 1. – Обобщенная диаграмма потоков данных в рамках организационной системы учреждения обследования щитовидной железы

Администратор создает для обследуемого пациента профиль обследования, в который в процессе обследования вносятся технические параметры структуры и свойств щитовидной железы.

Характеристики щитовидной железы по завершению процесса обследования передаются в модуль обработки, где происходит кодирование характеристик и первичный анализ технических признаков в сопутствующих модулях обработки. Полученная информация записывается в реляционную базу данных и параллельно передается в специализированный модуль анализа технических признаков заболеваний, который содержит реализацию различных формализованных методов анализа, позволяющих получить информацию о признаках заболеваний и персонализированные для пациента рекомендации по профилактике и повторному обследованию на предмет

выявления заболеваний. Для выявленных в процессе анализа знаний также осуществляется запись информации в реляционную БД.

По запросу управляющего лица – координатора направления – формируется обобщенная статистика обследований всех пациентов, содержащая информацию о выявленных заболеваниях, признаках заболеваний, иная релевантная информация об отдельных обследованиях.

Все роли, описанные в рамках системы, обладают собственным набором функций, ограниченным при реализации соответствующих интерфейсов доступа. Система разработана с применением модульной архитектуры, что позволяет производить доработку и дополнение функционала отдельных функциональных объектов без изменения содержания иных модулей. Структурная схема архитектуры разработанной информационно-аналитической системы представлена на рис. 2.

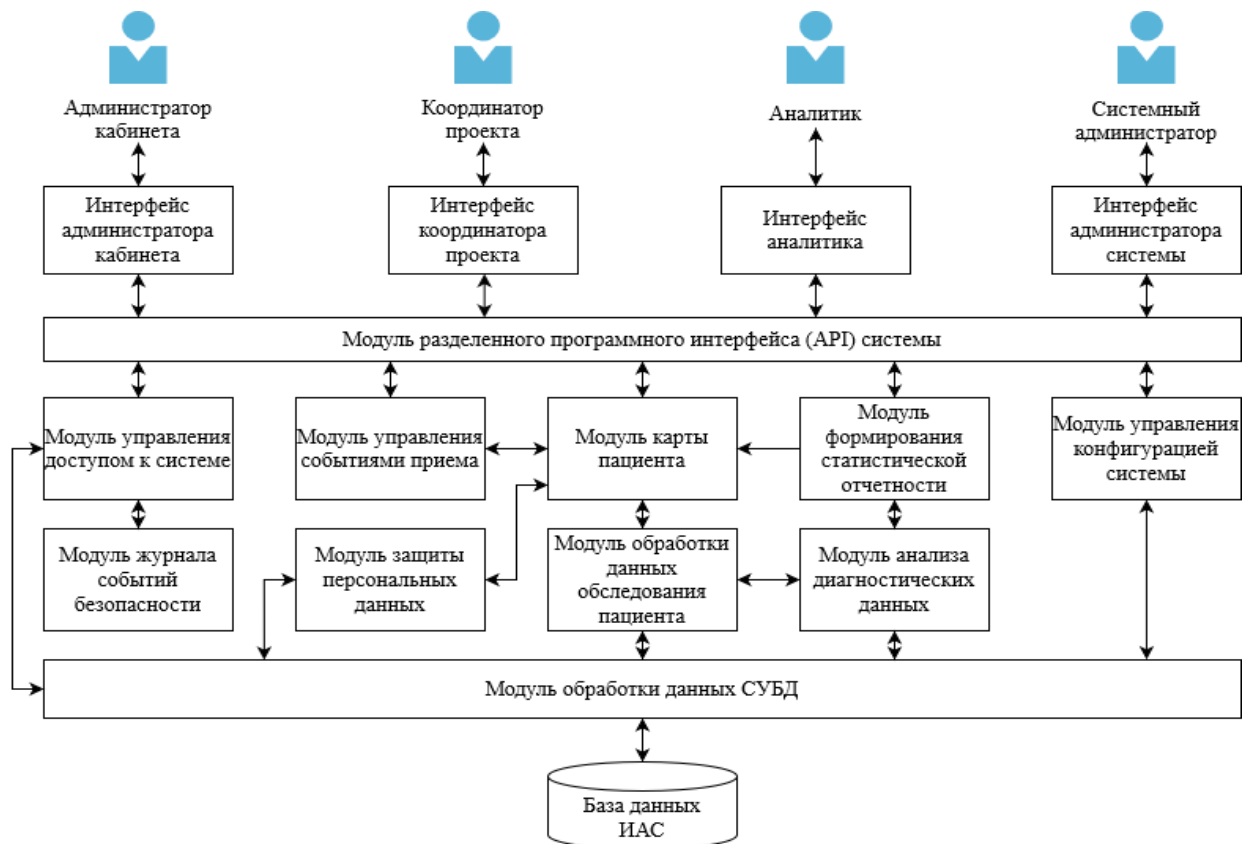


Рис. 2. – Структурная схема модульной архитектуры ИАС

Для реализации аналитических возможностей системы использовались различные методы формализованного и технического анализа, включающие метод выявления ассоциативных связей между параметрами пациентов, основанный на методе Argiogi, применение которых описано в предыдущих работах авторов [8, 9], метод кластеризации на основе самоорганизующихся карт, метод, основанный на применении методики расчета риска развития онкологических заболеваний щитовидной железы ACR TI-RADS.

Для метода Argiogi экспериментальным путем были определены оптимальные исходные параметры: поддержка - 0.005; доверие – 0.3; лифт – 3. Применение метода в рамках разработанной информационно-аналитической системы позволило осуществить анализ сопоставимых персональных характеристик обследуемых пациентов и полученных данных обследований для выявления факторов, позволяющих отнести обследуемого к группам риска по отдельным группам заболеваний щитовидной железы. В процессе анализа были выявлены специфические правила для зоны повышенной загрязненности радионуклидами, отражающие дефицит йода в организме (высокая поддержка диагнозов гиперплазии и диффузного зоба щитовидной железы).

В общие аналитические рекомендации для пациентов включаются данные о соответствии щитовидной железы пациента возрастным нормативам, вычисляемые в зависимости от текущего возраста пациента и значения общего объема щитовидной железы, и данные, получаемые в результате применения алгоритма ACR TI-RADS. В этой системе учитываются основные факторы, присущие образованиям щитовидной железы с высоким потенциалом развития в злокачественную опухоль, ведущую к развитию у пациента онкологических заболеваний [10]. Согласно факторам, выявленным при обследовании образований щитовидной железы, происходит вычисление балльной оценки, сопоставляемой с 5 группами

риска. В модуле обработки данных обследования происходит получение значения оценки от модуля анализа диагностических данных и формирование рекомендаций в зависимости от значения группы риска для пациента.

Разработанная система также позволяет выполнять визуальный анализ обследований с целью сопоставления выявленных диагнозов и зон повышенного радиационного фона согласно списку территорий, пораженных в результате аварии на ЧАЭС. На виртуальной карте сформированы кластеры пациентов, имеющих схожие диагнозы и проживающих в географической близости друг от друга, они отмечены различными цветами в зависимости от уровня загрязнения, что позволяет сформировать общую статистику по количеству заболеваний в каждой из зон и выявить районы наибольшего риска для проживания. Пример выводимой информации представлен на рис. 3.

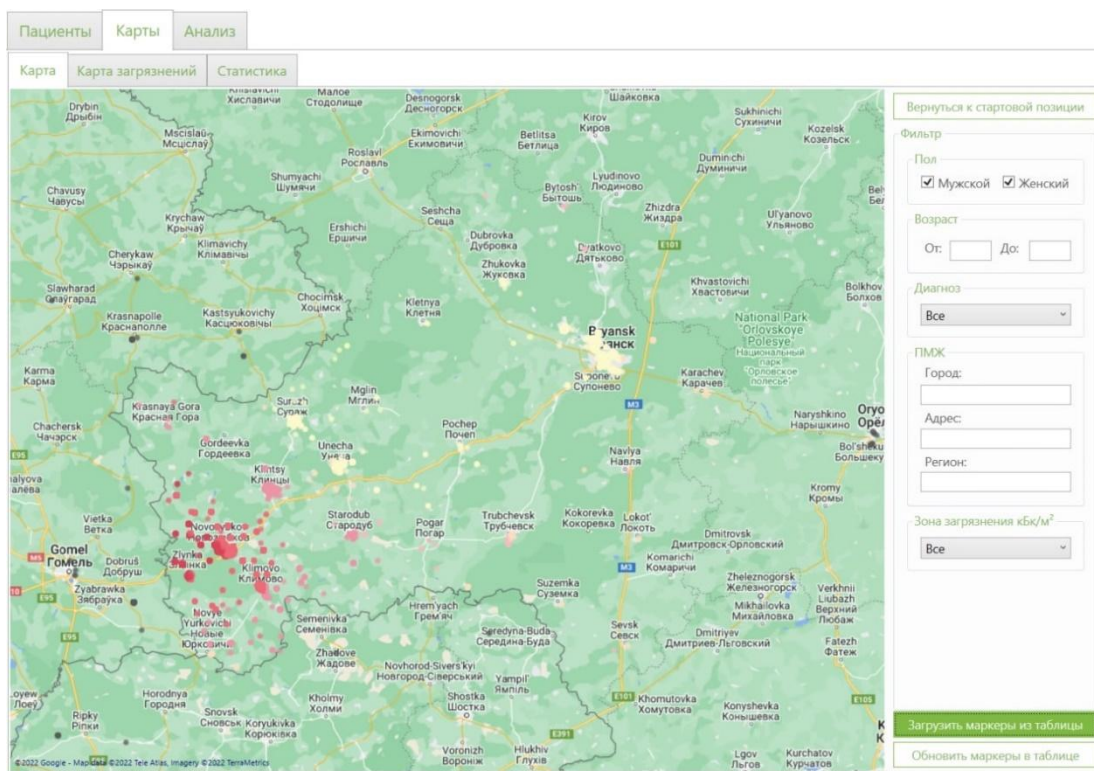


Рис. 3. Карта выявленных кластеров случаев аутоиммунного тиреоидита с окраской в соответствии с уровнями загрязнения территорий

В рамках работы была выполнена разработка архитектуры и реализация программной части информационно-аналитической системы, предназначенной для обеспечения процесса обследования щитовидной железы в рамках организационной системы учреждений здравоохранения. Разработанная система обладает функциональными возможностями, обеспечивающими реализацию процесса сбора информации об обследованиях пациентов, анализа и выявления признаков отдельных групп заболеваний щитовидной железы, что позволяет использовать полученные в рамках работы системы знания для формирования рекомендаций по профилактике заболеваний в отдельных районах повышенной заболеваемости щитовидной железы, персонализированных рекомендаций по обследованию отдельных пациентов и групп пациентов, повысить общее качество обследований, выполняемых учреждением или организацией здравоохранения.

Литература

1. Дунин В. О., Егоров В.А. Проблемы создания интеллектуальных средств поиска, анализа и обработки биомедицинской информации // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1220.

2. Глазунов В. А. Локализация опухоли при раке молочной железы по данным микроволновой термометрии с использованием искусственных нейронных сетей // Инженерный вестник Дона, 2021, № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7296.

3. Коробова Е.М., Берёзкин В.Ю., Колмыкова Л.И., Корсакова Н.В., Кригман Л.В. Дефицит йода в агроландшафтах Брянской области / Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2016. – № 3. – С. 57-65.

4. Заболеваемость всего населения России в 2017 году. Статистические материалы // Министерство здравоохранения Российской Федерации. URL: rosminzdrav.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i-informatsionnye-materialy/statisticheskiy-sbornik-2017-god

5. Бубнов А. Н., Кузьмичев А. С., Гринева Е. Н., Трунин Е. М. Узловой зоб. Диагностика. Тактика лечения: Пособие для врачей. - СПб., 1997. - 95 с.

6. Ma L., Ma C., Liu Y., & Wang X. Thyroid diagnosis from SPECT images using convolutional neural network with optimization. Computational intelligence and neuroscience, 2019.

7. Saktheeswari M. & Balasubramanian T. Performance Analysis of Classifier Models to Predict Thyroid Disease. International Journal of Computer Sciences and Engineering. 2018. 6. 7-14. DOI: 10.26438/ijcse/v6i11.714.

8. Карасева Т. С. Решение задач медицинской диагностики методами интеллектуального анализа данных // Решетневские чтения. – 2015. – Т. 2. – С. 46-47.

9. Аверченков А.В., Вдовиченко О. А. Использование методов построения ассоциативных правил для выявления групп риска в данных обследования пациентов // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2021. – № 2(12). – С. 14-18. – DOI: 10.30987/2658-6436-2021-2-14-18.

10. Вдовиченко О. А. Разработка алгоритма оценки взаимосвязи характеристик пациентов и заболеваний щитовидной железы // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении: сборник научных статей Всероссийской конференции, Брянск, 19 мая 2021 года. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2021. – С. 118-121.

11. Тимофеева Л. А., Алешина Т.Н. Применение системы TI-RADS в дифференциальной диагностике рака щитовидной железы // Казанский



медицинский журнал. – 2017. – Т. 98. – № 4. – С. 632-636. – DOI: 10.17750/KMJ2017-632.

References

1. Dunin, V. O., Egorov V. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1220.
2. Glazunov, V. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7296.
3. Korobova E.M., Berezkin V.Yu., Kolmykova L.I., Korsakova N.V., Krigman L.V. Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti, 2016, № 3, pp. 57-65.
4. Zabolevaemost' vsego naseleniya Rossii v 2017 godu. Statisticheskie materialy. Ministerstvo zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii. URL: rosminzdrav.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i-informatsionnye-materialy/statisticheskiy-sbornik-2017-god.
5. Bubnov A. N., Kuz'michev A. S, Grineva E. N., Trunin E. M. The incidence of the entire population of Russia in 2017. Statistical materials, SPb, 1997, 95 p.
6. Ma L., Ma C., Liu Y., & Wang X. Computational intelligence and neuroscience, 2019.
7. Saktheeswari M. & Balasubramanian T. International Journal of Computer Sciences and Engineering. DOI: 6. 7-14. 10.26438/ijcse/v6i11.714.
8. Karaseva T. S. Reshetnevskie chteniya. 2015, T. 2. pp. 46-47.
9. Vdovichenko O. A., Averchenkov A. V. Avtomatizatsiya i modelirovanie v proektirovanii i upravlenii. 2021, № 2(12), pp. 14-18. DOI: 10.30987/2658-6436-2021-2-14-18.
10. Vdovichenko O. A. Automation and modeling in design and management: collection of scientific articles of the All-Russian conference, Bryansk, May 19, 2021, pp. 118-121.



11. Timofeeva L. A., Aleshina T. N. Kazanskiy meditsinskiy zhurnal. 2017, T. 98, № 4, pp. 632-636. DOI: 10.17750/KMJ2017-632.