

УДК 004.896:616.831-001

DOI: [10.26102/2310-6018/2026.61.10.017](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2026.61.10.017)

Интеллектуальная поддержка принятия врачебных решений при диагностике черепно-мозговых травм

Л.А. Коробова^{1✉}, А.В. Калач^{2,3}, А.И. Головин³

¹Компания «Технопарк-В», Воронеж, Российская Федерация

²Воронежский институт ФСИИ России, Воронеж, Российская Федерация

³Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж,
Российская Федерация

Резюме. В статье описан авторский подход к поддержке принятия врачебных решений при диагностических исследованиях черепно-мозговых травм (ЧМТ). Рассмотрены причины и механизм появления травм. Проведена классификация по различным признакам и разработана онтологическая модель предметной области. На основе системного подхода проведена декомпозиция процесса диагностики ЧМТ. Выделены подсистемы и элементы, основные информационные потоки, определены и структурированы связи между ними. Проанализированы параметры, по которым проводят оценку степени тяжести полученной травмы. Проведен обзор известных литературных источников, посвященных применению современных медицинских аппаратов при диагностике ЧМТ: компьютерные томографы (КТ), магнито-резонансные томографы (МРТ), рентгеновские аппараты и др. Рассмотрены математические методы и специализированное программное обеспечение, используемые для обработки первичной диагностической информации. Показано, что современные системы анализа медицинских изображений обучают на размеченных наборах данных. В работе приведен анализ методов для распознавания КТ- и МРТ-изображений и снимков с рентгеновских аппаратов. Рассмотрена возможность и необходимость применения и внедрения различных прототипов и уже апробированных аппаратно-программных медицинских комплексов для диагностики ЧМТ с использованием алгоритмов искусственного интеллекта, компьютерного зрения и нейросетевых технологий. Интеграция апробированных аппаратно-программных медицинских комплексов и перечисленных современных технологий в здравоохранение требует четкого регулирования, стандартизации и соблюдения этических принципов. Основой для их внедрения как ключевого инструмента цифровой трансформации является государственный стандарт для систем искусственного интеллекта в сфере здравоохранения. Государственный стандарт призван обеспечить безопасность пациентов, высокий стандарт медицинских услуг и минимизировать риски ошибок или злоупотребление нейросетями.

Ключевые слова: процесс диагностики, черепно-мозговая травма, системный анализ, онтологическая модель, аппаратно-программные медицинские комплексы, цифровая трансформация.

Для цитирования: Коробова Л.А., Калач А.В., Головин А.И. Интеллектуальная поддержка принятия врачебных решений при диагностике черепно-мозговых травм. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2026;14(10). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=2631> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.61.10.017

Intelligent support for medical decision-making in the diagnosis of traumatic brain injury

L.A. Korobova^{1✉}, A.V. Kalach^{2,3}, A.I. Golovin³

¹Technopark-V Company, Voronezh, the Russian Federation

²*Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh,
the Russian Federation*

³*Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh,
the Russian Federation*

Abstract. The article describes the author's approach to supporting medical decision-making in diagnostic studies of traumatic brain injuries (TBI). The causes and mechanisms of injury are considered. A classification based on various characteristics is carried out, and an ontological model of the subject area is developed. Based on a systems approach, a decomposition of the TBI diagnostic process is carried out. Subsystems and elements, as well as the main information flows, are identified, and the relationships between them are defined and structured. The parameters used to assess the severity of the injury are analyzed. A review of well-known literary sources devoted to the use of modern medical equipment in the diagnosis of TBI is conducted, including computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), X-ray machines, etc. Mathematical methods and specialized software used to process primary diagnostic information are considered. It is shown that modern medical image analysis systems are trained on labeled datasets. The paper presents an analysis of methods for recognizing CT and MRI images and images from X-ray machines. The feasibility and necessity of using and implementing various prototypes and proven hardware-software medical systems for TBI diagnostics using artificial intelligence algorithms, computer vision, and neural network technologies are discussed. The integration of hardware-software medical systems and these modern technologies into healthcare requires strict regulation, standardization, and adherence to ethical principles. The basis for their implementation as a key tool for digital transformation is the state standard for artificial intelligence systems in healthcare. This state standard is designed to ensure patient safety, high standards of medical services, and minimize the risk of errors or misuse of neural networks.

Keywords: diagnostic process, traumatic brain injury, systems analysis, ontological model, hardware and software medical systems, digital transformation.

For citation: Korobova L.A., Kalach A.V., Golovin A.I. Intelligent support for medical decision-making in the diagnosis of traumatic brain injury. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2026;14(10). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=2631> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.61.10.017

Введение

Современное развитие компьютерной и медицинской техники, машинных методов и нейронных сетей предлагает лечащим врачам использовать в медицинской практике системы поддержки принятия врачебных решений различной специализации [1]. Интеллектуальные алгоритмы служат «вторым мнением», помогая вовремя выявлять патологии на ранних стадиях и предотвращать осложнения. Основным инструментом в таких системах является программное обеспечение, основанное на алгоритмах с нейросетевыми технологиями, компьютерным зрением и искусственным интеллектом. Терапия травмы головы в последнее время является одной из востребованных процедур принятия врачебных решений. Как известно, для принятия важных клинических решений при черепно-мозговой травме (ЧМТ) необходима своевременная и достоверная диагностика. Необходимо отметить, что ЧМТ занимают второе место в списке причин смертности населения и первое место среди причин гибели людей трудоспособного возраста и молодежи [2].

Данный вид травмы влечет за собой тяжелые последствия, связанные с длительным лечением в стационаре (медикаментозное или операционное вмешательство). ЧМТ часто встречается в отделениях неотложной помощи, однако наблюдается значительная вариативность в диагностике, направлении к специалистам и последующем наблюдении. Актуальность исследования интеллектуальных систем поддержки принятия врачебных решений обусловлена необходимостью снижения числа

врачебных ошибок, повышения точности диагностики и оптимизации работы медицинского персонала.

Цель исследования – разработка и практическое исследование возможностей алгоритмов на базе искусственного интеллекта для повышения точности диагностики и оптимизации лечения пациентов с ЧМТ. Дополнительно исследованы вариативность этих показателей в зависимости от возраста и места проживания (город или сельская местность).

Онтология ЧМТ, объекты и атрибуты данной области представлены на Рисунке 1.



Рисунок 1 – Онтологическая модель черепно-мозговых травм
Figure 1 – Ontological model of traumatic brain injury

Терапия относится непосредственно к травме головы (легкой, тяжелой или средней степени), а также к нарушению мозгового кровообращения – инсульт и изменение (скачки) внутричерепного давления. Интенсивная терапия у больных с ЧМТ проводится в нейрореанимационных отделениях и является одной из наиболее сложных задач современной реаниматологии. Это определяется постоянным ростом количества пострадавших, высокими показателями летальности и стойкой инвалидизацией больных, а также значительной стоимостью проводимого стационарного лечения. Главная цель терапии поддержание церебрального перфузионного давления (70 мм рт. ст.) и предотвращение вторичных повреждений мозга. Ключевые мероприятия включают контроль внутричерепного давления, управление дыханием, коррекцию гемодинамики и профилактику судорог. Во врачебной практике важно рассматривать как отдельные органы человека, так и организм в целом, как единую систему. Поэтому диагностику организма человека необходимо проводить на нескольких уровнях [3].

Материалы и методы

При диагностике и последующем лечении ЧМТ необходимы объективные данные осмотра (клинические протоколы, заполненные в соответствии с требованиями нормативной документации), данные об индивидуальных особенностях пациента и результаты лабораторных и инструментальных методов исследования [4].

К объективным данным осмотра относится первичный мониторинг состояния пациента и оформление медицинской документации. Здесь для улучшения работы специалистов большое значение приобретают внедрение систем электронных регистрационных протоколов для внесения данных о пациенте. В протоколах регистрации необходимо внесение информации и об индивидуальных особенностях пациентов. Вся информация должна аккумулироваться в базе данных.

Далее проводят необходимые лабораторные и инструментальные исследования.

Лабораторные анализы назначаются согласно стандартам: общий анализ крови, биохимия крови, коагулограмма (оценка свертываемости крови), проверка крови специфическими биомаркерами (определение повреждения нервной ткани), анализ спинномозговой жидкости (исследование ликвора). Результаты размещаются в базе данных.

Инструментальные исследования проводят с помощью современных медицинских аппаратов – оборудовании экспертного класса. К ним относятся исследования с помощью компьютерного томографа (КТ-исследование), проведение магнито-резонансной томографии, рентгеновской компьютерной томографии. Каждое исследование проводится на соответствующем высокофункциональном цифровом оборудовании, результат исследования – снимок, который врач должен суметь «прочитать» и получить необходимую информацию о состоянии человека. Для расшифровки и распознавания снимков соответствующего исследования применяются программно-алгоритмические подсистемы, т.е. программное обеспечение в виде процедур и правил обработки информации. Результаты инструментальных исследований необходимо сохранять в базе данных.

Таким образом, заключительным действием на каждом этапе процесса лечения является необходимость того, чтобы результаты всех проведенных видов исследований пациента (предварительные и текущие) были структурированы в едином цифровом формате и сохранялись в базе данных.

Назначение исследования при обращении в специализированное медицинское учреждение с ЧМТ зависит от степени или типизации травмы. На Рисунке 1 представлена принятая в данном исследовании многомерная классификация ЧМТ.

Первичный осмотр пациента с ЧМТ проводит врач скорой помощи или врач-травматолог, или врач в приемном отделении медицинского учреждения (хирург, реаниматолог, нейрохирург, невролог). На этом этапе важно распознать механизм получения травмы: первичный или вторичный (Таблица 1).

Таблица 1 – Механизмы получения ЧМТ
Table 1 – Mechanisms of TBI

Первичный механизм	Вторичный механизм
Ушибы, разможение тканей мозга, разрывы ствола и прочие последствия, возникшие после травматических воздействий.	Проблемы возникают из-за осложняющих факторов: отсроченные гематомы, отеки мозга и гиперемии; из-за внемозговых факторов: анемия, гипертония, гипоксемия и др.

В зависимости от механизма травмы строится цепочка рассуждений, и врач назначает очередность для процедуры проведения диагностики. От правильности проведения первичного осмотра и опыта врача, который этот осмотр проводит, зависит исход всего лечения.

Результаты

При рассмотрении процессов диагностики и лечения пациентов с ЧМТ как единой системы возможно применение системного подхода, совместно с принципами семантического моделирования, экспертного анализа и облачных вычислений. Процесс диагностики можно представить как систему, в которой выделим подсистемы (различные виды исследования) и далее, по возможности, элементарные единицы системы (элементы). Проследим связи между подпроцессами, элементами, и т. д. Такая детализация позволит подробнее разобрать особенности протекания каждого подпроцесса в отдельности и проследить их взаимосвязь. Целью такого представления информационной системы является формирование основы для интеллектуальной системы поддержки принятия врачебных решений [5].

Детализацию процесса, как любой целостной динамической системы, проводим по нескольким уровням (контурам) и признакам (функциональному назначению). В информационной системе диагностики ЧМТ выделяют следующие контуры: входной, диагностический, лечебный и реабилитационный. Обобщенная схема процесса обследования при ЧМТ представлена на Рисунке 2.

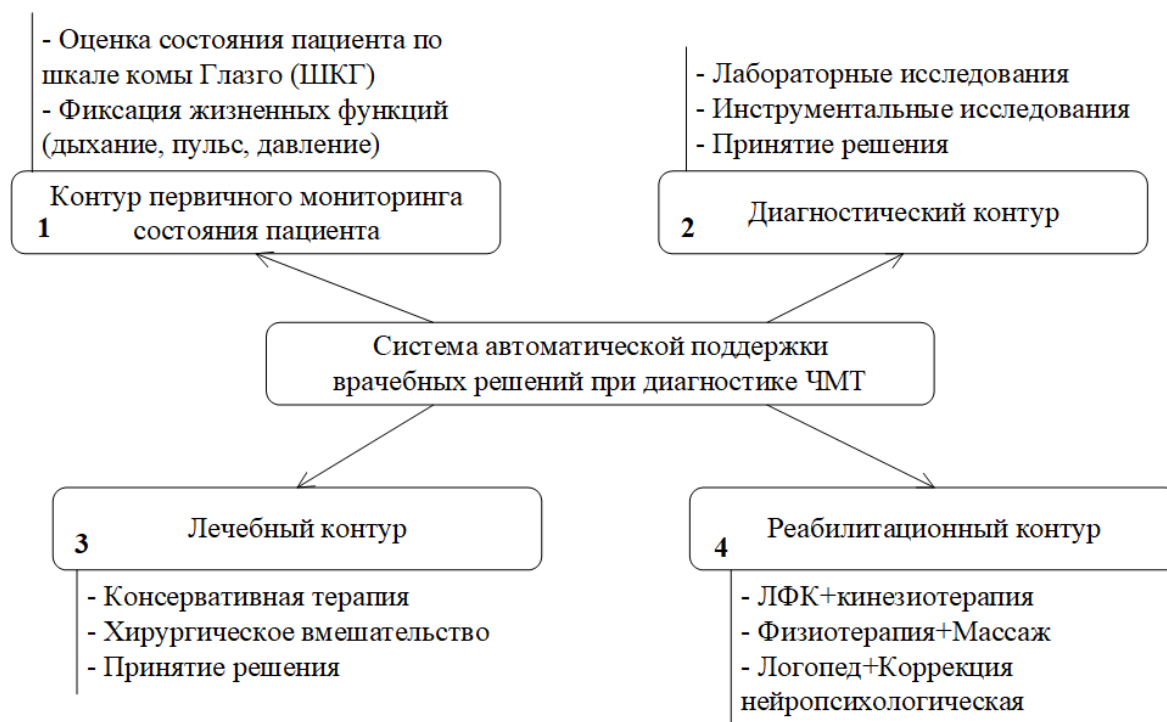


Рисунок 2 – Схема процесса исследования при ЧМТ с функциональными назначениями
Figure 2 – Scheme of the research process for TBI with functional purposes

На схеме показаны четыре основных уровня системы. Для каждого контура схемы приведены обязательные ключевые требования процесса диагностики. По функциональной принадлежности выделяют следующие подсистемы: сбора данных, лабораторных исследований, инструментальных исследований (инструментальная визуализация), принятия решений, лечебного воздействия (комплексная интенсивная

терапия), реабилитации.

Для выявления информационных взаимосвязей основных контуров и подсистем системы диагностики ЧМТ проведем анализ онтологии ее элементов. Схема на Рисунке 2 наглядно демонстрирует, что все контуры систем могут функционировать параллельно друг с другом. Основой проведения лечения травмы головы является оперативная и комплексная диагностика наличия травмы. Направление диагностических процедур и дальнейших врачебных мероприятий зависит от степени тяжести ЧМТ пациента. Развитие травм и их последствия способны повлечь различные и непредсказуемые проблемы, связанные со здоровьем человека.

Схема лечения представлена в виде онтологической модели на Рисунке 3.

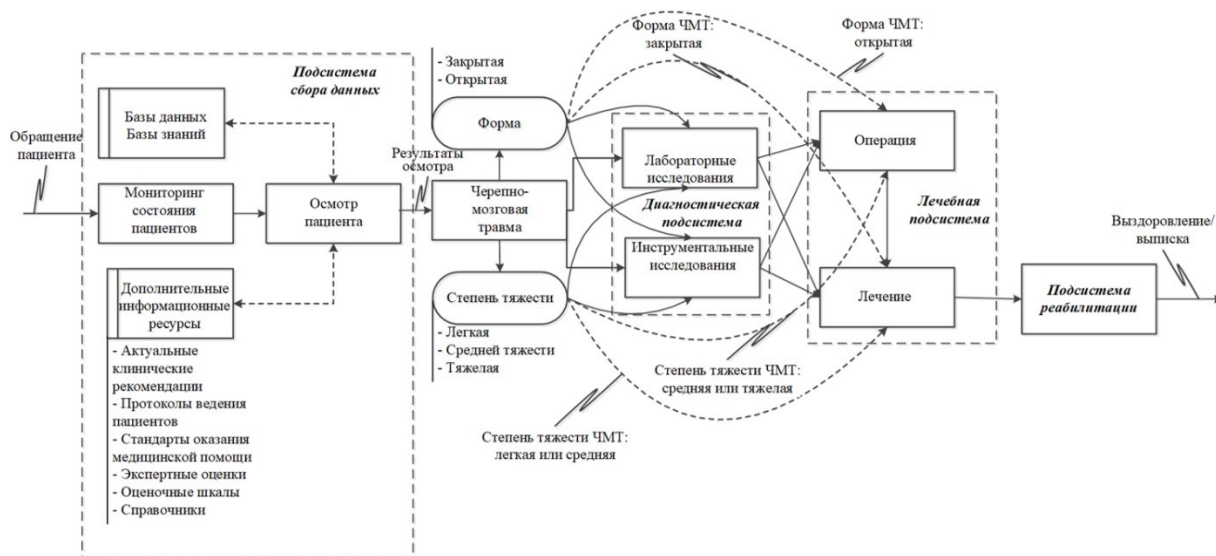


Рисунок 3 – Онтологическая модель процесса лечения пациентов с ЧМТ

Figure 3 – Ontological model of the treatment process for patients with TBI

Необходимо отметить, что согласно статистическим данным с этим сталкиваются ~ 80 % пациентов. После проведения лечения пациентам с ЧМТ требуется реабилитация и определение необходимых для этого мероприятий. Таким образом, ЧМТ становятся глобальной проблемой здравоохранения [6].

Модель позволяет визуализировать взаимосвязи между всеми подсистемами и их статическими и функциональными составляющими. Линии связи показывают очередность назначаемых врачебных мероприятий, порядок действий медицинских работников и направления передачи медицинской информации в зависимости от срочности обследования или лечения, а также от степени тяжести и формы ЧМТ. Тем самым создан остов для разработки информационной базы движения потоков данных внутри подсистем и системы в целом [4, 5].

На Рисунке 4 приведена схема целевых ресурсов подсистемы сбора данных процесса диагностики ЧМТ.

Процесс лечения пациентов с ЧМТ является поэтапным и имеет наработанный многолетним опытом структуру. На первом этапе после обращения в медицинское учреждение пациента лично или доставленного машиной скорой помощи, врач производит мониторинг состояния человека в виде первичного осмотра. В результате появляется личная карта пациента и протокол первичного осмотра с определением наличия у пациента ЧМТ. На втором этапе в зависимости от степени тяжести и формы ЧМТ назначаются лабораторные и инструментальные исследования. Третий этап

процесса лечения основывается на результатах диагностики второго этапа. Он заключается в медикаментозных и/или операционных мероприятиях. Заключительный этап процесса лечения заключается в реабилитационных мероприятиях, направленных на возвращение человека к обычной жизни. На каждом этапе процесса лечения ЧМТ врач сталкивается с вопросами принятия решения об назначении определенных мероприятий.

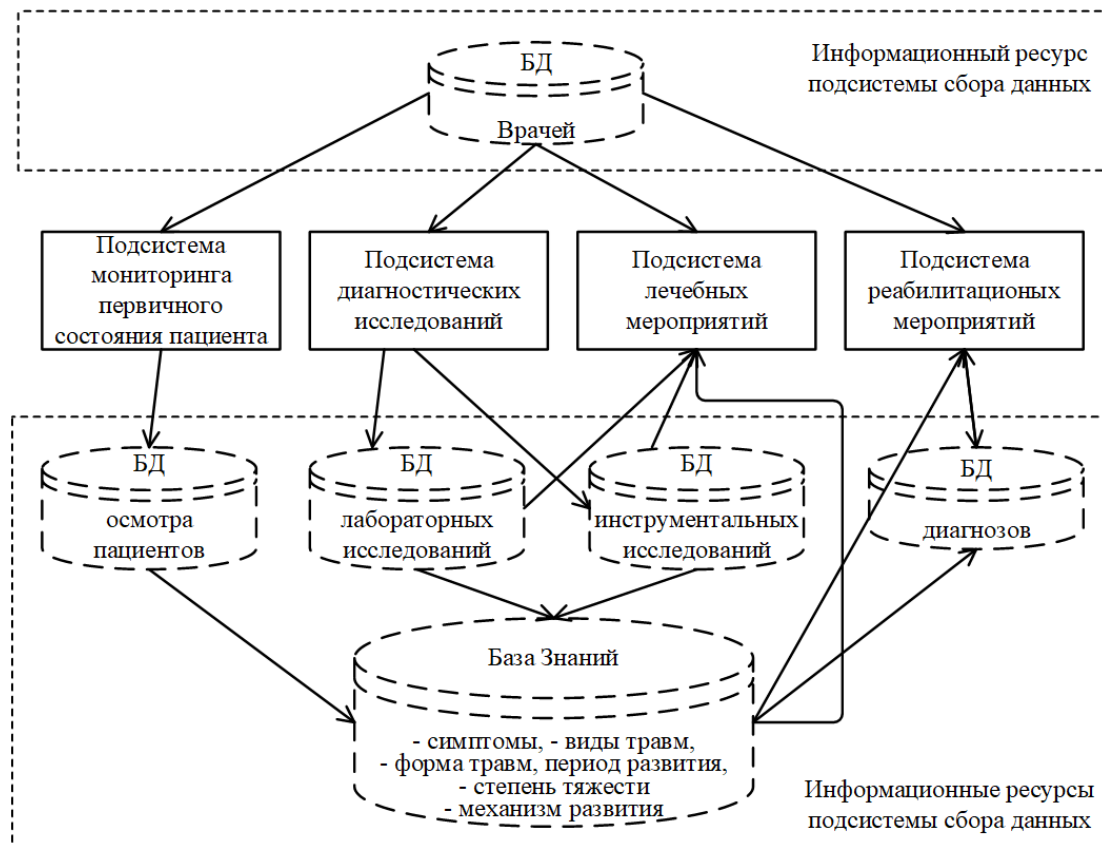


Рисунок 4 – Схема подсистемы сбора данных процесса диагностики ЧМТ
Figure 4 – Scheme of the data collection subsystem for the TBI diagnostic process

Подсистема включает следующие информационные ресурсы: базу данных врачей, базу данных медицинской информации осмотра и исследований пациента; базу данных диагнозов и базу знаний. База знаний помимо основной информации содержит алгоритмы принятия решений для установки диагноза и рекомендаций по лечению и дальнейшей реабилитации пациента [7, 8]. Стрелки на схеме Рисунка 4 показывают взаимодействия между целевыми ресурсами подсистемы сбора данных.

Сбор данных о пациенте, правильная их обработка и структурирование являются важным этапом перед началом диагностических процедур. Также к информации, на которую опираются медицинские работники при осмотре пациента, относятся клинические рекомендации, протоколы осмотра пациентов, стандарты оказания медицинской помощи, экспертные оценки, шкалы оценивания и различные справочники. Это все является информационной основой для разработки таблиц баз данных и базы знаний. Базы данных должны содержать как текущую оперативную информацию (статистические данные исследований), так и специальную справочную информацию (список симптомов, список классов ЧМТ, список заболеваний и др.). Прямая цепочка рассуждений дает возможность реализации базы знаний диагностических исследований при получении заключения на этапе диагностики и принятия решения о рекомендации

для проведения лечения [7]. Графическое представление информационной подсистемы сбора данных показана на диаграмме Рисунка 5.

Обсуждение

Подробно рассмотрена логика функционирования двух подсистем: подсистемы сбора данных и диагностической подсистемы. Для наглядного представления основных компонент подсистем и движения данных внутри контуров использована нотация IDEF3.

На Рисунке 5 представлена информационная модель подсистемы «Мониторинг первичного состояния пациента». После обращения пациента данные опроса/осмотра поступают в контур мониторинга состояния пациента. Затем после первичной обработки происходит распараллеливание действий на четыре основных процесса. Все процессы могут протекать параллельно друг другу или некоторые из них по решению врача первичного мониторинга. Далее информация агрегируется в базе данных. Если полученных данных недостаточно, то может быть назначено дополнительное обследование. Выходной поток данной подсистемы содержит информацию о степени тяжести и форме ЧМТ.

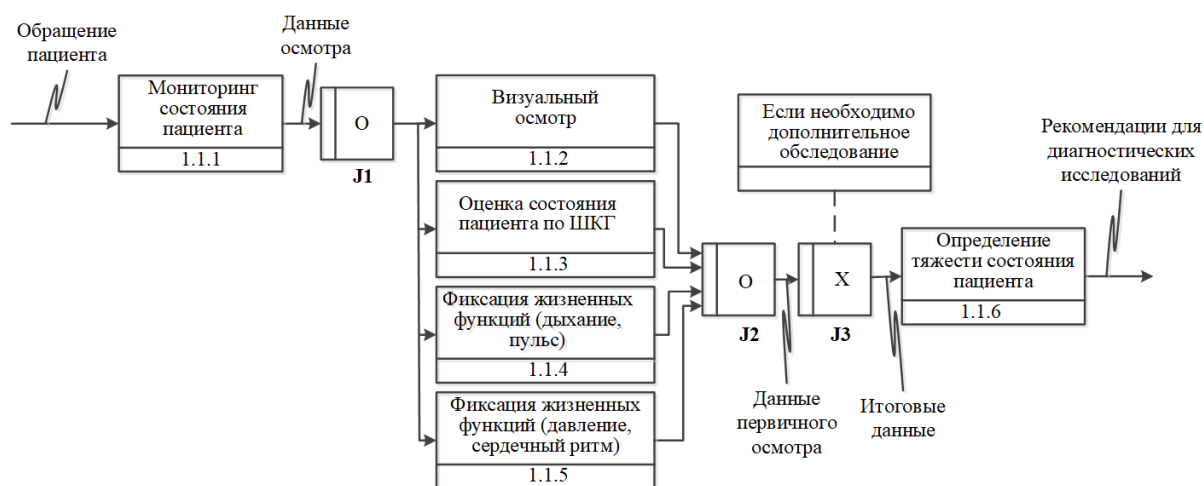


Рисунок 5 – Диаграмма подсистемы «Мониторинг первичного состояния пациента»:

J1 – подготовка данных для параллельных процессов; префикс J2 – сбор данных после выполнения параллельных процессов; J3 – обработка данных для следующего процесса
Figure 5 – Diagram of the subsystem "Monitoring of the patient's initial condition": J1 – data preparation junction for parallel processes; J2 – data collection junction after parallel processes; J3 – data processing junction for the subsequent process

Графическое представление информационной модели диагностической подсистемы показана на диаграмме Рисунка 6.

Диаграмма Рисунка 6 дает общее представление о проведении диагностических мероприятий. На схеме наглядно показано, что лабораторные и инструментальные исследования для оперативности следует проводить параллельно. Это ускорит получение заключения диагностических исследований и позволит специалистам оперативно приступить к лечению травмы. Каждое из диагностических исследований включает в себя ряд обязательных мероприятий. Порядок их выполнения и возможная последовательность определяют четкое распределение работ и выполнение инструкций между медицинскими сотрудниками.

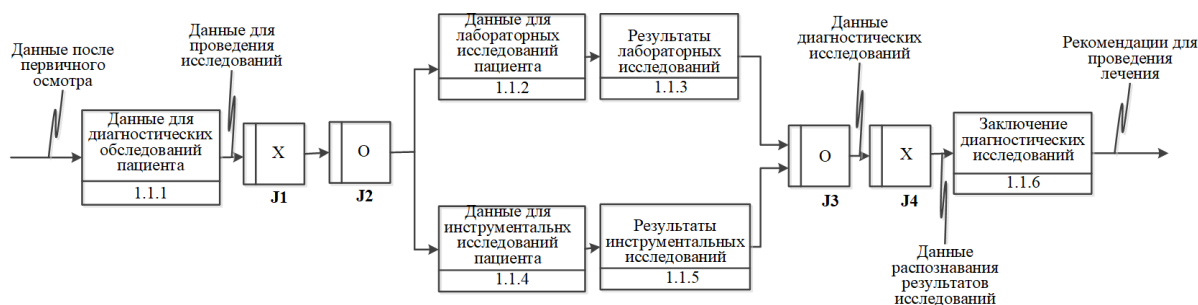


Рисунок 6 – Укрупненная диаграмма подсистемы диагностических исследований ЧМТ:

J1 – сбор данных от подсистемы первичного мониторинга; J2 – подготовка данных для выполнения параллельных процессов; J3 – сбор данных после выполнения параллельных процессов; J4 – обработка данных для последующих процессов

Figure 6 – Aggregated diagram of the TBI diagnostic examination subsystem: J1 – data collection junction from the primary monitoring subsystem; J2 – data preparation junction for parallel processes; J3 – data collection junction after parallel processes; J4 – data processing junction for subsequent processes

Полагали, что в лабораторные исследования включены четыре обязательные процедуры: анализ крови (общий и биохимия); оценка свертываемости крови (коагулограмма); определение повреждения нервной ткани; анализ спинномозговой жидкости. В инструментальные исследования включены три основных процесса: обследование с помощью компьютерного томографа, проведение магнито-резонансной томографии, рентгеновское обследование.

Развитие технологий цифровой диагностики для интерпретации лабораторных исследований позволяет использовать статистическую обработку результатов с учетом параметрических и непараметрических критериев оценки их значимости. После статистической обработки результатов необходимо проведение обратной дешифровки с привязкой к конкретным пациентам. Возможность использования высокоточной компьютерной техники позволяет применять при обработке результатов исследований методы описательной статистики, корреляционного, многовариантного регрессионного и дисперсионного анализа. Для подтверждения диагностической значимости выбираемых критериев для оценки состояния пациентов строятся модели корреляционной адаптометрии.

При проведении инструментальных исследований пациентов с ЧМТ используют методы современной обзорной рентгенографии черепа человека, компьютерную томографию черепа и головного мозга, а также магнитно-резонансную томографию. Данные исследования проводятся на современных высокоинтеллектуальных аппаратах, которые обладают большим диагностическим потенциалом при визуализации травм различной патологии. Огромное значение приобретает применение методов и алгоритмов распознавания магнитно-резонансных, рентгеновских снимков и снимков компьютерной томограммы.

Теперь первоочередной становится цифровая диагностика или диагностика «золотого стандарта» в виде трехмерного моделирования и компьютерного зрения, которые позволяют качественно проводить терапию больных с ЧМТ. Новые возможности в этой области могут быть обеспечены путем внедрения искусственного интеллекта [9] применительно к отрасли здравоохранения [10]. Данное направление исследований требует междисциплинарного подхода, приобретая в настоящее время высокую актуальность [11]. Однако остаются открытыми вопросы в этой области на уровне формирования клинических рекомендаций [12] и необходимого регулирования [13]. Внедрение искусственного интеллекта в терапию ЧМТ имеет хорошие перспективы

[14], но основой всему является индивидуальный подход к каждому пациенту. Своевременное распознавание патологических изменений у пациентов позволяет реализовать современные принципы персонализированной медицины [15] и повысить качество реабилитации пациентов с ЧМТ.

Современные специализированные медицинские технологии позволяют проводить распознавание 3D медицинских изображений с последующим анализом патологических изменений. Точная идентификация, локализация и классификация всех патологических изменений на 3D медицинских изображениях остаются серьезной проблемой в медицинском компьютерном зрении. Хотя модели с обучением под наблюдением показали многообещающие результаты, их полезность ограничена дефицитом размеченных наборов данных, которые часто содержат аннотации лишь для нескольких патологий.

Заключение

В рамках данного исследования проведен анализ процесса амбулаторного лечения пациентов с ЧМТ. Представлена классификация ЧМТ в виде онтологической модели. Исследование дало основание применить к процессу лечения ЧМТ методологию системного подхода. Проведена декомпозиция системы автоматической поддержки принятия врачебных решений ЧМТ на подсистемы и элементы. Выделены подсистемы по функциональному признаку, разработана схема процесса диагностики ЧМТ с функциональными назначениями. Далее представлена детализация на элементы и компоненты. Декомпозиция проводилась в каждой функциональной подсистеме. В итоге разработана онтологическая модель процесса лечения пациентов с ЧМТ.

В статье приведены результаты детального анализа двух подсистем: подсистема мониторинга первичного состояния пациента для сбора данных и диагностической подсистемы. Разработаны схемы каждой из подсистем. В каждой из подсистем рассмотрены информационные потоки движения данных и выделены в них целевые ресурсы. Разработана схема подсистемы сбора данных процесса диагностики ЧМТ. Далее на основе собранной информации о функционировании подсистем проведено специфицирование в виде диаграмм нотации IDEF3. Разработана информационная модель подсистемы «Мониторинг первичного состояния пациента» и информационная модель подсистемы диагностических исследований ЧМТ. Модели позволили представить возможность разложения каждой подсистемы на множество подзадач с указанием порядкового номера в общей декомпозиции и в рамках рассматриваемой диаграммы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Коробова Л.А., Эйнуллаев Т.А.О., Тэн Р.В. Системный подход при решении прикладных медицинских диагностических задач. *Моделирование систем и процессов*. 2024;17(3):52–61. <https://doi.org/10.12737/2219-0767-2024-50-59>
Korobova L.A., Einullaev T.A.O., Ten R.V. A systematic approach to solving applied medical diagnostic problems. *Modeling of Systems and Processes*. 2024;17(3):52–61. (In Russ.). <https://doi.org/10.12737/2219-0767-2024-50-59>
2. Наркевич А.Н., Виноградов К.А., Параскевопуло К.М., Мамедов Т.Х. Интеллектуальные методы анализа данных в биомедицинских исследованиях: сверточные нейронные сети. *Экология человека*. 2021;28(5):53–64. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-5-53-64>

- Narkevich A.N., Vinogradov K.A., Paraskevopulo K.M., Mamedov T.H. Intelligent Data Analysis in Biomedical Research: Convolutional Artificial Neural Networks. *Human Ecology*. 2021;28(5):53–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-5-53-64>
3. Порецкова Г.Ю., Иващенко А.В., Тяжева А.А., Плахотникова С.В., Жданович Г.Э., Чекина Е.В. Онтологический подход к цифровизации медицинских осмотров и диспансерного наблюдения на базе телемедицинской платформы. *Онтология проектирования*. 2025;15(2):187–197. <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2025-15-2-187-197>
Poretskova G.Y., Ivaschenko A.V., Tyazheva A.A., Plakhotnikova S.V., Zhdanovich G.E., Chekina E.V. An ontological approach to digitalization of medical check-ups and follow-up medical care based on a telemedicine platform. *Ontology of Designing*. 2025;15(2):187–197. (In Russ.). <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2025-15-2-187-197>
4. Грибова В.В., Петряева М.В., Окунь Д.Б., Шалфеева Е.А. Онтология медицинской диагностики для интеллектуальных систем поддержки принятия решений. *Онтология проектирования*. 2018;8(1):58–73.
Gribova V.V., Petryaeva M.V., Okun D.B., Shalfeeva E.A. Medical diagnosis ontology for intelligent decision support systems. *Ontology of Designing*. 2018;8(1):58–73. (In Russ.).
5. Грибова В.В., Шалфеева Е.А., Окунь Д.Б., Шевченко О.Н. Онтологический комплекс представления знаний для реабилитации травматолого-ортопедических пациентов. *Онтология проектирования*. 2025;15(4):509–522. <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2025-15-4-509-522>
Gribova V.V., Shalfeeva E.A., Okun D.B., Shevchenko O.N. Ontological knowledge representation framework for rehabilitation of traumatology and orthopedic patients. *Ontology of Designing*. 2025;15(4):509–522. (In Russ.). <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2025-15-4-509-522>
6. Goncharov M., Soboleva E., Ignatyev D., et al. Modeling the Density of Pixel-level Self-supervised Embeddings for Unsupervised Pathology Segmentation in Medical CT. In: *The Fourteenth International Conference on Learning Representations (ICLR 2026)*, 23–27 April 2026, Rio de Janeiro, Brazil. 2026. URL: https://proceedings.iclr.cc/paper_files/paper/2026/file/f404c0259def290306159047b0b52584-Paper-Conference.pdf
7. Коробова Л.А. Решение прикладных медицинских диагностических задач. Иридодиагностика. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2024;(7):276–281.
Korobova L.A. Solving applied medical diagnostic problems tasks, iridodiagnosics. *News of the Tula State University. Technical Sciences*. 2024;(7):276–281. (In Russ.).
8. Кийко А.А., Николаенко А.Н., Постников М.А. и др. Система поддержки принятия врачебных решений по выбору конструкции дентального имплантата с использованием машинного обучения. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2026;16(1):174–188. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2026-16-1-174-188>
Kijko A.A., Nikolaenko A.N., Postnikov M.A., et al. Clinical decision-making support system for dental implant design using machine learning. *Proceedings of the Southwest State University. Series: IT Management, Computer Science, Computer Engineering. Medical Equipment Engineering*. 2026;16(1):174–188. (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2026-16-1-174-188>

9. Алексеева М.Г., Зубов А.И., Новиков М.Ю. Искусственный интеллект в медицине. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022;(7):10–13. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.038>
Alekseeva M.G., Zubov A.I., Novikov M.Yu. Artificial intelligence in medicine. *International Research Journal*. 2022;(7):10–13. (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.038>
10. Ваньков В.В., Артемова О.Р., Карпов О.Э. и др. Итоги внедрения искусственного интеллекта в здравоохранении России. *Врач и информационные технологии*. 2024;(3):32–43. https://doi.org/10.25881/18110193_2024_3_32
Vankov V.V., Artemova O.R., Karpov O.E., et al. Results of the implementation of artificial intelligence in the Russian healthcare. *Medical Doctor and Information Technologies*. 2024;(3):32–43. (In Russ.). https://doi.org/10.25881/18110193_2024_3_32
11. Купатенко Я.Г., Мирук А.К., Ломоносова А.В., Козлова А.А. Искусственный интеллект в медицине: обзор текущей ситуации и тенденции. *Сифра. Медико-биологические науки*. 2024;(2). <https://doi.org/10.60797/BMED.2024.2.4>
Kupatenko Ya.G., Miruk A.K., Lomonosova A.V., Kozlova A.A. Artificial intelligence in medicine: an overview of the current situation and tendencies. *Cifra. Biomedical Sciences*. 2024;(2). (In Russ.). <https://doi.org/10.60797/BMED.2024.2.4>
12. Морозов Д.Ю., Омеляновский В.В., Федяева В.К. Искусственный интеллект в системе здравоохранения. Клинические рекомендации. *Менеджер здравоохранения*. 2025;(9):58–67. <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2025-9-58-67>
Morozov D.Y., Omelyanovskiy V.V., Fedyaeva V.K. Artificial intelligence in healthcare system. Clinical guides. *Manager Zdravoochranenia*. 2025;(9):58–67. (In Russ.). <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2025-9-58-67>
13. Шарова Д.Е., Михайлова А.А., Гусев А.В., Гарбук С.В., Владзимирский А.В., Васильев Ю.А. Анализ мирового опыта в регулировании использования медицинских данных для целей создания систем искусственного интеллекта на основе машинного обучения. *Врач и информационные технологии*. 2022;(4):28–39. https://doi.org/10.25881/18110193_2022_4_28
Sharova D.E., Mikhailova A.A., Gusev A.V., Garbuk S.V., Vladzymirskyy A.V., Vasilev Y.A. An analysis of global experience in regulations on the use of medical data for artificial intelligence systems development based on machine learning. *Medical Doctor and Information Technologies*. 2022;(4):28–39. (In Russ.). https://doi.org/10.25881/18110193_2022_4_28
14. Kukreja B.J., Kukreja P. Integration of Artificial Intelligence in dentistry: a systematic review of educational and clinical implications. *Cureus*. 2025;17(2):e79350. <https://doi.org/10.7759/cureus.79350>
15. Коробова Л.А., Головин А.И. Разработка виртуального консультанта для медицинского центра с использованием искусственного интеллекта. *Инженерные технологии*. 2024;(3):23–34.
Korobova L.A., Golovin A.I. Development of a virtual consultant for a medical center using artificial intelligence. *Engineering Technologies*. 2024;(3):23–34. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Коробова Людмила Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, инженер-программист, Компания «Технопарк-В», Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: lyudmila_korobova@mail.ru
ORCID: [0000-0003-1349-732X](https://orcid.org/0000-0003-1349-732X)

Lyudmila A. Korobova, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Software Engineer, Technopark-V Company, Voronezh, the Russian Federation.

Калач Андрей Владимирович, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну, Воронежский институт ФСИН России; заведующий кафедрой информационных технологий, моделирования и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: a_kalach@mail.ru

ORCID: [0000-0002-8926-3151](https://orcid.org/0000-0002-8926-3151)

Головин Андрей Ильич, аспирант кафедры информационных технологий, моделирования и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: agolovin2011@gmail.com

ORCID: [0009-0006-7041-2993](https://orcid.org/0009-0006-7041-2993)

Andrey V. Kalach, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor at the Department of Information Security and Protection of Information Constituting a State Secret, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia; Head of the Department of Information Technology, Modeling and Management, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

Andrey I. Golovin, Postgraduate at the Department of Information Technology, Modeling and Management, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 31.08.2026; одобрена после рецензирования 20.09.2026; принята к публикации 27.10.2026.

The article was submitted 31.08.2026; approved after reviewing 20.09.2026; accepted for publication 27.10.2026.