

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ «ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПАЦИЕНТА»**

**Аннотация.** В работе представлены этапы проектирования базы данных для проекта «Телереанимация», направленного на информатизацию отделения реанимации и интенсивной терапии. Описаны основные шаги при проектировании реляционной базы данных.

**Ключевые слова:** реляционная база данных, СУБД, модели баз данных, цифровой двойник, медицинский датасет, персонифицированная медицина.

**Введение.** Современная медицина стоит на пороге революционных изменений, обусловленных стремительным развитием информационных технологий и искусственного интеллекта [1].

Целью проекта «Телереанимация» является разработка информационной системы «Цифровой двойник», которая позволит:

- предсказывать дальнейшее состояние пациента при помощи алгоритмов предиктивной аналитики;
- структурировать медицинские показатели пациентов, которые можно было бы использовать в анализе и проверке медицинских гипотез.

Информационная система «Цифровой двойник» — это комплексное решение, включающее в себя: медицинскую базу данных — в нее будут поступать данные о пациентах больницы, с особым акцентом на отделение реанимации и интенсивной терапии. Эти данные могут включать в себя результаты анализов, историю болезни, показатели жизнедеятельности, информацию о принимаемых лекарствах, результаты лабораторных исследований и алгоритмы машинного обучения — обученные на основе накопленных данных. Эти алгоритмы будут способны предсказывать развитие сепсиса и септического шока — опасных состояний, требующих быстрой и точной диагностики.

Анализ больших объемов данных в сочетании с возможностями искусственного интеллекта позволит врачам: выявлять скрытые закономерности и взаимосвязи между различными показателями здоровья, что может привести к открытию новых методов диагностики и лечения [2, 3], персонализировать лечение [4], учитывая индивидуальные особенности каждого пациента и предсказывая его реакцию на терапевтические методы.

**Проблема исследования.** Целью исследования является проектирование базы данных для информационной системы «Цифровой двойник пациента». Авторами поставлены задачи анализа аналогов, построения концептуальной, логической и физической моделей базы данных.

**Материалы и методы.** Для проектирования реляционной базы данных будут использоваться методы построения и описания концептуальной и логической моделей в виде схемы в нотации IDEF1X.

Перед началом проектирования проанализированы структуры существующих медицинских датасетов. К рассмотрению предложены три датасета — MIMIC III, MIMIC IV и eICU [5-7].

MIMIC III и MIMIC IV разрабатывались в ходе сотрудничества Медицинского центра Бет Исраэль Диаконесса (BIDMC) и Массачусетского технологического института (MIT) [8].

MIMIC III — более старая версия датасета, данные собирались с 53 423 пациентов старше 16 лет, и писались с двух медицинских информационных систем в период с 2001 по 2012 год [9]. Всего набор данных содержит 26 таблиц.

MIMIC IV — новая версия датасета, которая стала более структурированной, — таблицы были разбиты на модули, например, модуль ОРИТ, Госпитализации, Неотложной помощи и др. При этом интеграция между модулями полностью сохраняется, разделение введено для удобства пользования. Данный датасет содержит уже 45 таблиц [10].

eICU — медицинский датасет с данными пациентов отделения реанимации. Он более узконаправленный, чем предыдущие два набора данных, так как содержит только информацию из отделения реанимации и интенсивной терапии [11]. Датасет рассмотрен лишь как альтернативное решение, так как от него требуется хранение внешней информации, которая появляется вне отделения реанимации.

За основу проектируемой базы данных взята идея о записи регистраций параметров пациента и связи ее с госпитализацией пациента в ОРИТ.

**Результаты.** Концептуальная схема была построена на основе опросов заказчиков проекта, а также других команд, которые будут использовать разрабатываемую базу данных в своей работе. Сущности разделены на семантические модули — одна сущность может присутствовать в нескольких модулях. Сущности объединены связями в общей схеме, но для удобства восприятия сущности распределены на логические части.

Концептуальная модель базы данных содержит следующие модули:

- модуль госпитализации — содержит сущности, относящиеся к госпитализации пациента. Содержит таблицы: пациент, госпитализация, обстоятельство посещения.
- модуль госпитализации в ОРИТ — содержит сущности, относящиеся к госпитализации пациента в ОРИТ. Содержит таблицы: госпитализации, госпитализации в отделение реанимации и интенсивной терапии и регистрации показателей и иной информации о состоянии пациента.
- модуль показателей — содержит сущности, относящиеся к регистрации показателей состояния пациента при его нахождении в ОРИТ. Содержит таблицы: показатель пациента, регистрация показателя пациента, регистрация основных показателей пациента, единица измерения.
- модуль препаратов содержит сущности, относящиеся к введению препаратов в организм пациента при его нахождении в ОРИТ. Содержит таблицы: препарат, группа препарата, назначение препарата, регистрация введения препарата, лекарственное средство.
- модуль дренажей содержит сущности, относящиеся к дренажам пациента. Содержит таблицы: дренажное оборудование, регистрация дренажей пациента.
- модуль лабораторных исследований содержит сущности, относящиеся к лабораторным исследованиям пациента. Содержит таблицы: профиль лабораторного исследования, лабораторный тест, лабораторное исследование.
- модуль диагнозов содержит сущности, относящиеся к диагнозам пациента за данную госпитализацию. Имеет таблицы: диагноз, код МКБ.



Модуль истории болезни содержит сущности, относящиеся к истории болезни пациента, включая назначения и результаты фармакотерапии, и сопутствующие заболевания у пациента. Содержит таблицы: сопутствующее заболевание, регистрация результата осмотра в истории болезни, результат фармакотерапии.

На основе концептуальной схемы построена логическая схема, которая представлена на рис. 1. Логическая модель позволяет увидеть полную структуру базы данных и спроектировать физическую реализацию для любой системы управления базами данных. Благодаря моделированию логического уровня сформировалась четкая структура базы данных.

**Заключение.** Для проекта «Телереанимация» проведена работа по проектированию базы данных для системы «Цифровой двойник» под нужды заказчика. Для глубокого понимания предметной области и потребностей пользователей проведена исследовательская работа. Анализ персональных медицинских данных позволил изучить структуру медицинской информации, особенности ее хранения и обработки. Кроме того, проведено интервью со студентами медицинского университета и заказчиками проекта, чтобы учесть их мнение и пожелания при проектировании базы данных.

Результатом работы стали две модели базы данных: концептуальная модель — на этом этапе были определены основные сущности, их атрибуты и взаимосвязи между ними, логическая модель, в которой определены первичные и внешние ключи и ограничения целостности данных. Разработанная база данных должна стать надежным фундаментом для системы «Цифровой двойник пациента» и позволить реализовать все ее возможности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современный передовой уровень искусственного интеллекта для умной медицины / О.Ю. Колесниченко, А.В. Мартынов, В.В. Пулит [и др.]. — Текст: электронный // Ремедиум. — 2019. — № 4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyu-peredovoy-uroven-iskusstvennogo-intellekta-dlya-umnoy-meditsiny> (дата обращения: 18.04.2024).
2. A Machine-Learning Approach for Dynamic Prediction of Sepsis-Induced Coagulopathy in Critically Ill Patients With Sepsis *Frontiers in medicine* / Qin-Yu, Zhao, Liu, Le-Ping, Luo, Jing-Chao [et al.]. — doi:10.3389/fmed.2020.637434. — Text: electronic // PubMed Central. — 21 Jan. 2021. — Vol. 7. 637434. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7859637/> (date of the application: 18.04.2024).
3. Бодрин К.А., Красноперова А.А. Использование технологий машинного обучения в медицине / К.А. Бодрин, А.А. Красноперова. — Текст: электронный // Теория и практика современной науки. — 2018. — № 10 (40). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologiy-mashinnogo-obucheniya-v-meditsine> (дата обращения: 20.04.2024).
4. Наймушина А.Н., Чекардовская И.А., Бакановская Л.Н. Системный анализ и обработка экспертной информации для определения степени значимости факторов риска / А.Н. Наймушина, И.А. Чекардовская, Л.Н. Бакановская. — Текст: электронный // Информационные технологии и системы. — Ханты-Мансийск, 12-16 марта 2019 г. — С. 20-25. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38541051> (дата обращения: 19.04.2024).
5. MIMIC-III documentation. — Text: electronic // Medical Information Mart for Intensive Care: [site]. — URL: <https://mimic.mit.edu/docs/iii/> (date of the application: 10.03.2024).
6. MIMIC-IV documentation. — Text: electronic // Medical Information Mart for Intensive Care: [site]. — URL: <https://mimic.mit.edu/docs/iv/> (date of the application: 10.03.2024).
7. eICU Collaborative Research Database. — Text: electronic // Medical Information Mart for Intensive Care: [site]. — URL: <https://eicu-crd.mit.edu/about/eicu> (date of the application: 10.03.2024).

8. MIMIC-IV, a freely accessible electronic health record dataset / A.E.W., Johnson, Lucas, Bulgarelli, Lu, Shen [et al.]. — Text: electronic // Sci Data. — 2023. — 10, 1. — URL: <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01899-x> (date of the application: 27.03.2024).
9. MIMIC-III, a freely accessible critical care database / A.E.W., Johnson, T., Polland, Lu, Shen [et al.]. — Text: electronic // Sci Data. — 2016. — 3, 160035. — URL: <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.35> (date of the application: 27.03.2024).
10. What's new in MIMIC-IV? — Text: electronic // Medical Information Mart for Intensive Care: [site]. — URL: <https://mimic.mit.edu/docs/iv/about/whatsnew> (date of the application: 23.04.2024).
11. Чернышева Т.Ю. Обзор аналогов и первоисточников медицинских данных для разработки структуры датасета «цифровой двойник» / Т.Ю. Чернышева, Л.Н. Бакановская, В.Д. Кравец, А.И. Насибуллин. — Текст: электронный // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: XIII международ. науч.-практ. конф. 24 апр. 2024 г. — Междуреченск, 2024. (принята к печати)