

Проектирование реляционной базы данных для хранения и обработки трехмерных моделей черепов в целях идентификации воинов РККА, обнаруженных в ходе поисковых работ

А. Б. Спasiбко^{1,2}, Р. М. Галеев¹, Т. Н. Астафьева^{3*}

¹Институт этнологии и антропологии им. Н. Н. Миклухо-Маклая РАН, г. Москва, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

³Общероссийское общественное движение «Поисковое движение России», г. Москва, Россия

Аннотация. Представлены концепция и архитектура реляционной базы данных для идентификации неопознанных воинских останков периода Второй мировой войны, актуальность которой обусловлена масштабом экспедиционных работ, проводимых в рамках Поискового движения России. Сообщается, что разработана гибридная архитектура, разделяющая хранение структурированных метаданных в СУБД и объемных 3D-моделей во внешнем хранилище, что обеспечивает целостность данных и эффективную работу с большими объемами информации. Сделан вывод, что внедрение системы создаст единое цифровое пространство для исследователей и повысит эффективность идентификации.

Ключевые слова: реляционные базы данных, РККА, 3D-модель черепа, идентификация личности, поисковые работы.

Для цитирования: Спasiбко А. Б., Галеев Р. М., Астафьева Т. Н. Проектирование реляционной базы данных для хранения и обработки трехмерных моделей черепов в целях идентификации воинов РККА, обнаруженных в ходе поисковых работ // Известия Иркутского государственного университета. Серия Геoархеология. Этнология. Антропология. 2026. Т. 55. С. 67–78. <https://doi.org/10.26516/2227-2380.2026.55.67>

Relational Database for 3D Cranial Models in the Identification of Red Army Personnel Recovered during Field Exhumations

A. B. Spasibko^{1,2}, R. M. Galeev¹, T. N. Astafieva^{3*}

¹Institute of Ethnology and Anthropology RAS, Moscow, Russian Federation

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

³All-Russian Public Movement "Search Movement of Russia", Moscow, Russian Federation

Abstract. Each year, search expeditions in the Russian Federation recover thousands of unidentifiable human remains of Soviet soldiers from the Great Patriotic War (1941–1945). Conventional identification methods – reliant upon archival records, personal effects, and osteological examination – are frequently inadequate when skeletal material is fragmented or lacks associated artefacts. This paper presents the concept and architecture of a specialised relational database designed to store and process three-dimensional (3D) models of cranial remains recovered during exhumation campaigns. The system addresses two fundamental shortcomings: (1) the absence of a centralised digital repository for post-exhumation osteological data, and (2) the incompatibility of existing archival databases with high-resolution 3D model integration. Recent advances in photogrammetry and structured-light scanning now permit the acquisition of accurate digital cranial replicas directly in the field, thereby mitigating the irreversible loss of primary evidence following reburial. Following a comparative evaluation of relational and non-relational database management systems, the study adopts a relational (SQL) model – privileging data integrity, standardised metadata management, and efficient complex querying. The proposed architecture employs a hybrid storage strategy: structured attribute data (expedition metadata, geospatial coordinates, excavation logs, and osteometric variables) reside in a relational DBMS, whereas large binary 3D model files are stored externally in a scalable repository, linked via persistent unique identifiers. These decoupling preserves system responsiveness while accommodating the voluminous storage demands of high-resolution cranial scans. The resulting system establishes a unified digital workspace for interdisciplinary collaboration among archaeologists, physical anthropologists, forensic practitioners, and volunteer search teams. By standardizing the documentation and comparative analysis of 3D cranial morphology alongside contextual field data, the proposed database offers a replicable framework for enhancing both the efficiency and scientific validity of identification protocols in contemporary conflict archaeology.

Keywords: relational databases, Red Army, 3D cranial model, personal identification, field exhumations.

For citation: Spasibko A. B., Galeev R. M., Astafieva T. N. Relational Database for 3D Cranial Models in the Identification of Red Army Personnel Recovered during Field Exhumations. *Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series*. 2026, Vol. 55, pp. 67–78. <https://doi.org/10.26516/2227-2380.2026.55.67> (In Russ.)

* Полные сведения об авторах см. на последней странице статьи.
See the last page of the article for full authors information.

Введение

Ежегодная работа поисковых отрядов на местах сражений Второй мировой войны приводит к обнаружению и эксгумации останков тысяч военнослужащих. Значительная часть этих находок остается неопознанной из-за отсутствия или плохой сохранности прямых идентификационных признаков (личных медальонов, подписных вещей) [Звягин, 2012]. В этой связи возрастает роль косвенных методов установления личности, среди которых ключевое место занимает антропологический анализ костных останков, в особенности черепа.

Классическая методика восстановления внешнего облика по черепу, разработанная М. М. Герасимовым [1955], получила новое развитие с наступлением цифровой эпохи. Технологическая революция в области 3D-сканирования и компьютерного моделирования позволила перенести процесс реконструкции в виртуальную среду [Villa, 2016; Wilkinson, 2004]. Важным современным инструментом в этой области является метод фотосовмещения (photo superimposition). Данный метод позволяет провести сравнительный анализ 3D-модели черепа с прижизненными фотографиями предполагаемого погибшего для установления или исключения принадлежности останков [Wilkinson, 2012; Sevillano, Armentano, Martinez-Abadias, 2022]. В современных условиях фотосовмещение осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения, что значительно повышает его точность и объективность по сравнению с аналоговыми методиками.

Современные портативные сканеры (структурированного подсвета) и методы фотограмметрии обеспечивают создание высокоточных цифровых копий черепа непосредственно в полевых условиях [Kuzminsky, Gardiner, 2012; Facial ... , 2023]. Это решает критически важную проблему: после торжественного перезахоронения скелетированные останки становятся недоступными для повторного изучения, в то время как их цифровые копии могут служить объектом для ретроспективного анализа, экспертной оценки, фотосовмещения и реконструкции лица по черепу. Однако оцифровка создает новый тип данных – трехмерные модели, требующие специализированных подходов к хранению, обработке и систематизации. Существующие крупные общедоступные базы данных (ОБД) потерь периода Великой Отечественной войны (такие как «Мемориал» и «Память народа») ориентированы на работу с оцифрованными архивными документами и не адаптированы для интеграции и анализа объемных 3D-моделей и связанных с ними метаданных [Biggs, 2019; Обобщенный ... ; Информационная ...].

Первостепенная задача баз данных – учет и хранение файлов и данных о выполненных работах. Она тесно связана со второй задачей – планированием научной работы и подготовкой отчетов о выполненной работе. Система специализированных цифровых ресурсов позволила бы не только архивировать уникальный цифровой материал для будущих исследований, но и создать инструмент для сравнительного анализа (включая автоматизированное фотосовмещение), повышающий эффективность работы антропологов, судебных медиков и историков в деле установления судеб погибших.

Методы и подходы к разработке базы данных

В настоящее время накоплен большой опыт формирования баз данных как в России, так и за рубежом. Одним из необходимых инструментов для формирования и сопровождения базы данных являются системы управления базами данных

и знаний (СУБД) [Земцов, Болгов, Божко, 2014; Hellerstein, Stonebraker, Hamilton, 2007]. Они обеспечивают выполнение основных функций хранения и доступа к данным.

Особые требования при разработке базы данных предъявляются к производительности СУБД, масштабируемости хранилищ и вычислительным мощностям. Для формирования новых стандартов описания полевых работ, этапов работы с 3D-моделями и создания на их основе современных информационных систем необходимы инструментальные средства, обеспечивающие гибкую архитектуру и возможность непрерывной модернизации на протяжении всего жизненного цикла эксплуатации базы данных. Информация должна быть подготовлена в определенных системах, которые реализуются с использованием Big Data [Чернышев, 2013; Cattell, 2011]. Это должны быть четко структурированные системы: 1) организации сбора данных и материалов; 2) систематизации и кодировки структурированных, слабоструктурированных, неструктурированных и неполных данных; 3) их обработки; 4) организации их хранения (при необходимости с помощью специальных программных средств); 5) обеспечения доступа различного уровня к ним; 6) обеспечения управления. Такая структуризация данных позволит выходить на уровни адекватного моделирования, интерпретаций и синтеза.

В рамках проектирования специализированной информационной системы для антропологических исследований проведен анализ современных подходов к созданию баз данных. В результате анализа требований, выдвигаемых к работе базы данных, были определены следующие ключевые критерии, соблюдение которых является необходимым условием для разработки эффективного инструмента хранения, анализа и каталогизации материала, в частности костных останков черепа и его сегментов:

1. *Полнота данных.* Структура базы данных должна обеспечивать комплексное документирование каждой единицы хранения, включая морфологические, географические (координаты места обнаружения) и контекстные (стратиграфия, ассоциированные артефакты) характеристики, а также данные о 3D-моделях.

2. *Масштабируемость и гибкость.* Архитектура системы должна допускать расширение объема хранимых данных, добавление новых категорий информации и модификацию существующих таблиц без внесения кардинальных изменений в системы записи и хранения данных, а также без необходимости полного реинжиниринга системы.

3. *Надежность.* Система должна реализовывать механизмы регулярного резервного копирования, восстановления после сбоев и обеспечивать целостность данных в течение длительного периода, что соответствует принципам сохранения цифровых научных данных (digital preservation).

4. *Безопасность.* Необходимо внедрение системы разграничения прав доступа к базе данных, где просмотр данных может быть публичным, а операции ввода, редактирования и изъятия – строго регламентированы через процедуру авторизации.

5. *Интеграция и гибкость.* База данных должна поддерживать импорт и экспорт данных в стандартных форматах, обеспечивать совместимость с распространенными операционными системами и иметь возможность интеграции с внешними инструментами анализа или визуализации.

6. *Поддержка работы с большими объемами данных (Big Data)*. Учитывая перспективу пополнения базы данных результатами будущих полевых исследований, включая трехмерные модели черепов высокого разрешения, система должна быть основана на технологиях, способных эффективно хранить и обрабатывать массивы данных объемом свыше 1 ТБ.

7. *Доступность и удобство использования*. Пользовательский интерфейс должен быть понятен пользователю и стандартизирован. Необходима возможность многопользовательского доступа к системе с различных клиентских устройств.

8. *Поддержка различных форматов данных*. Архитектура базы данных должна позволять работать с разнородными типами данных: текстовыми описаниями, числовыми измерениями, изображениями, ссылочными списками, а также файлами 3D-моделей.

На этапе проектирования могут быть рассмотрены разные подходы к СУБД: классический (иерархия сверху вниз) или объектно-ориентированный (описание сущностей, классов). Кроме того, необходимо определить СУБД по типу хранения данных: реляционные (SQL) или нереляционные (NoSQL). Реляционные базы данных используют структурированный язык запросов для определения и обработки данных. Нереляционные базы данных, в свою очередь, предлагают динамическую структуру данных, которые могут храниться несколькими способами.

Основываясь на результатах сравнительного анализа, а также с учетом данных, полученных в ходе совместных экспериментальных разработок с привлечением в том числе специалистов, непосредственно работающих с материалами и данными в местах проведения поисковых работ, и исходя из критериев, необходимых для поддержания работоспособности проектируемой базы данных, было установлено, что наиболее оптимальным инструментом является использование реляционной базы данных с классическим подходом. Такой способ требует больше временных затрат и более точных инструкций для создания функционирующей структуры всей базы данных, а также имеет некоторые ограничения при масштабируемости. Несмотря на ряд сложностей в работе с большими данными и сложными структурами (в том числе 3D-моделями), положительные стороны, такие как стандартизированный язык, в том числе для запросов типа JOIN; соблюдение строгой целостности данных; обширный набор данных для администрирования и резервного копирования; безопасность транзакций; возможность создания строгой структуры, которая хорошо подходит для работы с различными типами данных (в том числе разрозненными и неполными), позволили сделать выбор в пользу реляционного (SQL) подхода. Кроме того, выбор реляционной СУБД обеспечивает высокую степень совместимости с современными инструментами для разработки программного обеспечения. Таким образом, в будущем, если возникнет необходимость создания прикладного или web-приложения, будет обеспечена высокая степень совместимости, так как подавляющее большинство современных приложений и фреймворков хорошо взаимодействуют с реляционными СУБД, потому что в их основе заложен хорошо оформленный математический аппарат.

Разработка архитектуры базы данных

В рамках проекта была разработана архитектура базы данных (рис. 1) для хранения и обработки трехмерных моделей черепов и справочной информации

о каждом отдельном экземпляре костных останков с целью их дальнейшей реконструкции и идентификации. Представленная архитектура обеспечивает регистрацию, хранение и анализ тематических антропологических и экспедиционных данных на всех этапах исследования. Система должна обеспечивать пользователям доступ к данным о поисковых работах, результатам антропологических исследований, цифровым копиям костных останков и отдельным персональным фотографическим или документальным сведениям.

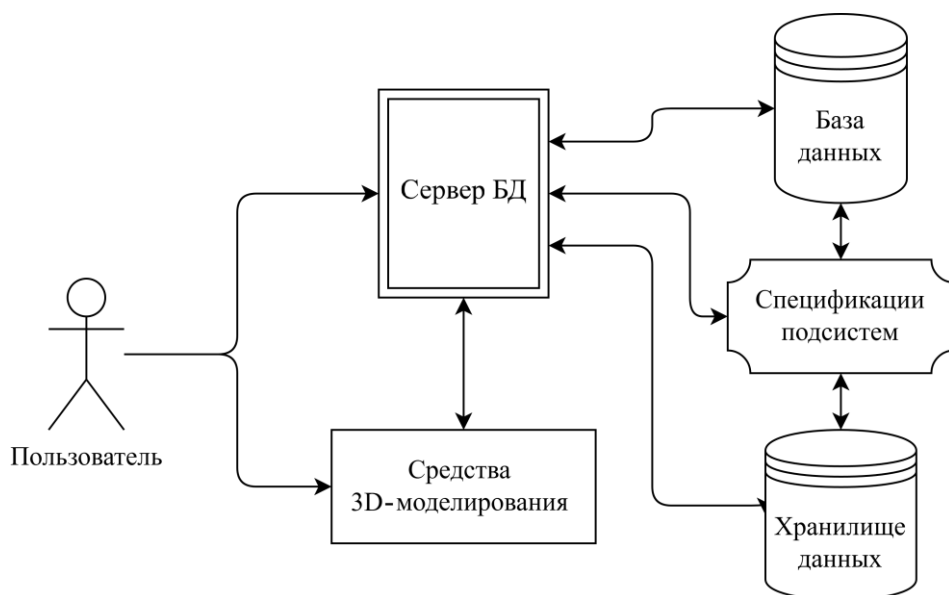


Рис. 1. Архитектура базы данных

Fig. 1. Database architecture

Ряд функций системы, например представление 3D-моделей, реализуется в виде сервисов. Перечень используемых в работе сервисов может пополняться. Возможность добавления новых сервисов позволит в дальнейшем обеспечить расширение функциональности системы. Дополнительно были созданы спецификации подсистем, отвечающих за отдельные аспекты описания выполненных работ. Спецификации подсистем связаны в одну общую спецификацию. Это позволяет пользователю работать как с отдельными частями информации о трехмерной модели определенного черепа, так и со всеми данными о конкретных поисковых работах. Преимуществом данной схемы является то, что она может быть использована как при разработке системы «с нуля», так и при создании приложения для работы с существующей базой данных.

Список реализованных подсистем:

1. Место обнаружения останков – отвечает за сбор информации о географической привязке места проведения поисковых работ.
2. Протокол эксгумации – содержит информацию об останках человека, найденных в процессе полевых поисковых работ.

3. Протокол раскопок – обеспечивает фиксацию информации о ходе и результатах раскопок.

4. Карточка бойца – содержит основную информацию об экспедиции и результаты детального антропологического анализа костных останков, включающие остеометрические и одонтологические данные.

5. Трехмерные модели – содержат сведения об оцифрованных костных останках (череп и его части).

6. Реконструкция – содержит актуальную информацию об этапах реконструкции внешнего облика по трехмерной модели черепа и в целом о возможности проведения реконструкции (сохранность костных останков, качество 3D-модели).

Разработка прототипа и структуры базы данных

Эффективность любой сложной информационной системы, особенно в междисциплинарной сфере, во многом определяется качеством ее концептуального проектирования. На данном этапе происходит формализация предметной области и определение структуры данных без привязки к конкретной технологии реализации. Для этого удобно использовать ER-моделирование (Entity-Relationship), которое позволяет абстрагироваться от технических деталей и сосредоточиться на семантике данных, их структуре и взаимозависимостях [Chen, 1976].

В рамках работы по проекту на основании данных протоколов выполнения поисковых работ разработана структура базы данных и реализован прототип системы (с ограниченной функциональностью) на СУБД MS SQL Server 22. Данная СУБД обеспечивает хранение и обработку больших объемов информации и тематических (атрибутивных) данных. Рекомендованные требования к аппаратному обеспечению для работы с базой данных: процессор x64 (скорость от 2,0 ГГц), объем оперативной памяти (RAM) от 8 Гб, минимальное свободное место на диске – 10 Гб. Дополнительно необходимо иметь доступ к подключению общей локальной сети учреждения с доступом к сетевому хранилищу (администрирование).

На данный момент база данных включает в себя детальные описания предметного материала, текстовую и графическую документацию, фото и иногда видеозаписи, геопространственные, аналитические, метрические данные, файлы цифровых копий и характеристики 3D-моделей. Структура базы данных включает всего 7 таблиц (рис. 2), описываемых 224 атрибутами с различными типами записей. Данные протоколов проведения полевых работ и информация непосредственно о костных останках имеют большое количество атрибутивных данных. Представленная ER-модель, основанная на классическом методе «сущность – связь», для демонстрации была упрощена.

Ключевыми для идентификации являются атрибуты координат места обнаружения останков, прямые идентификационные признаки (документы, личные вещи, медали, фотографии при наличии) и непосредственно реконструкция по черепу. Следует отметить, что не всегда результаты идентификации по прямым признакам совпадают с внешним обликом, восстановленным по черепу. Так как обнаруженные при эксгумации предметы, определенные как «личные», могут при жизни не принадлежать человеку по разным причинам (подобрал, хранил вещь сослуживца, взял на время и другие обстоятельства).

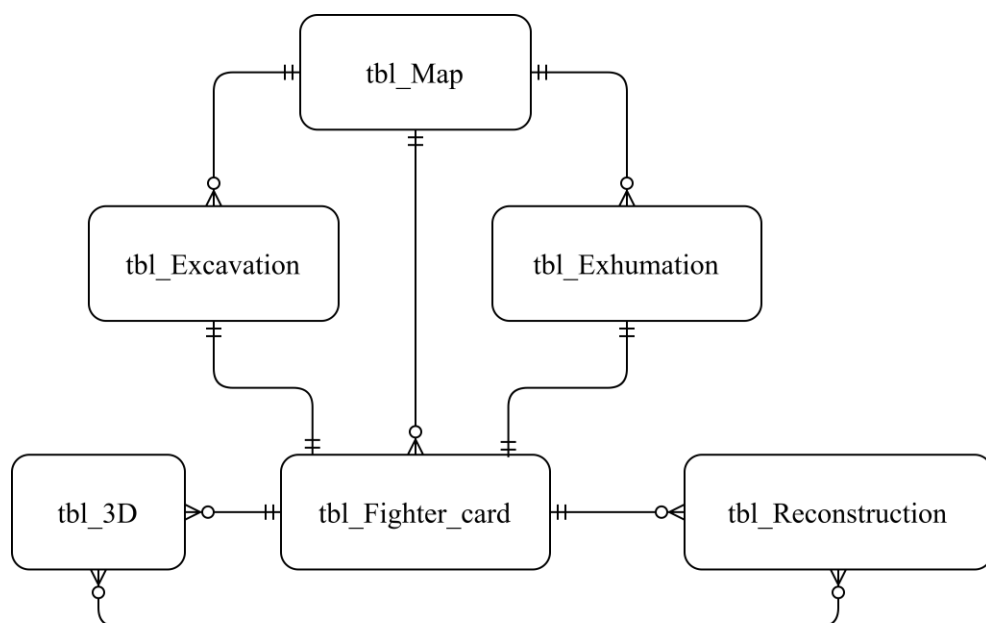


Рис. 2. Сокращенная ER-диаграмма модели данных с подсистемами

Fig. 2. Abbreviated ER-diagram of a data model with subsystems

При реконструкции работа происходит с объектами, которые имеют биологическую вариативность, разные люди могут иметь схожую внешность, а восстановленный внешний облик за авторством разных специалистов может несколько отличаться. В процессе проектирования базы данных учитывались требования возможного доступа к различной информации, которая могла бы помочь более достоверно идентифицировать личность. Шифр каждой зафиксированной индивидуальной находки черепа содержит в себе номер протокола эксгумации и раскопок, что позволяет запрашивать дополнительные данные, например, о посткраниальном скелете, месте обнаружения, авторе раскопок, особенностях залегания останков и многое другое.

Базовой единицей является стандарт – таблица, хранящая информацию об индивидуальной находке (карточка бойца). Базовый стандарт отражает общие характеристики бойца и данные о поисковых работах. Этот стандарт состоит из 10 позиций, в которых учитываются: идентифицированное название для костных останков, степень их сохранности; принадлежность костных останков и обоснование; пол и возраст; ростовые характеристики; обобщенные данные об экспедиции и др. Базовый стандарт связывает в единую структуру все остальные таблицы и подсистемы. Целостность данных, а также скорость и эффективность выполнения сложных SQL-запросов обеспечивается продуманной системой первичных и внешних ключей. Отметим, что разделение на отдельные таблицы данных 3D-моделей и их реконструкций, к сожалению, увеличивает время обработки сложных запросов. С другой стороны, такой подход позволяет разграничить понятия точной цифровой копии черепа, которая максимально объективна по своим характеристикам, и, в некоторой степени субъективного, напрямую

зависящего от профессиональных навыков автора реконструкции восстановленного по 3D-модели портрета. В SQL Server связь между таблицами 3D-моделей и соответствующими реконструкциями происходит через третью связную таблицу (по ключевым полям соответствующих таблиц). В то время как таблица, описывающая карточку бойца, связана с двумя таблицами `tbl_3D` и `tbl_Reconstruction` по отдельности (рис. 3). Такая структура связей позволяет комбинировать и оптимизировать время выполнения запросов, сочетая как использование оператора объединения строк из разных таблиц (типа JOIN) и различных способов сортировки одной из таблиц.

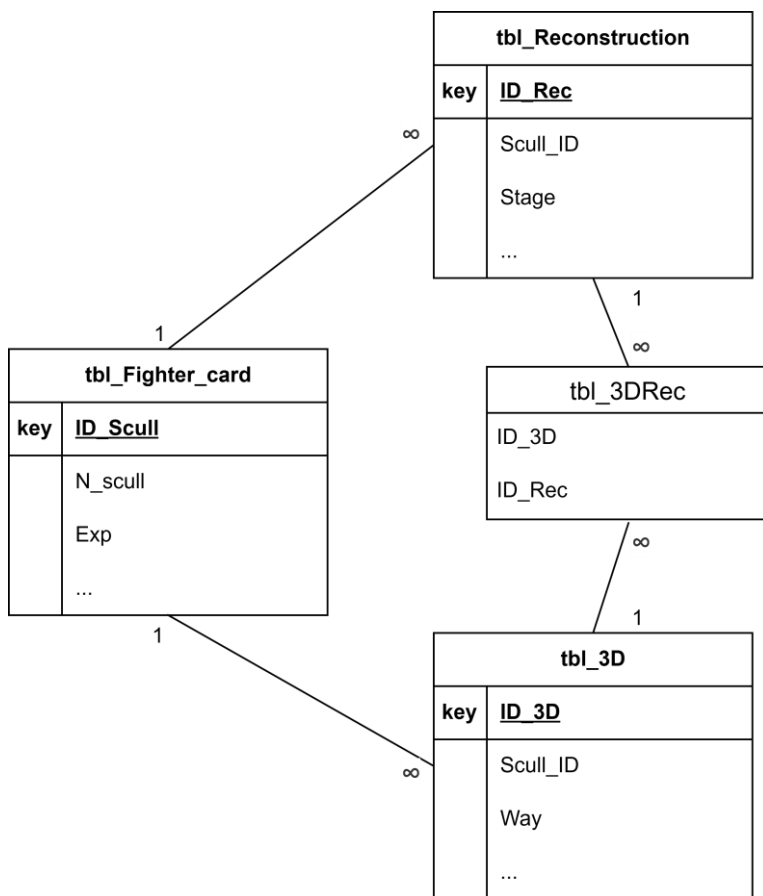


Рис. 3. Пример связи таблиц с помощью первичных ключей

Fig. 3. Example of linking tables using primary keys

Большинство из разработанных стандартов позволяют использовать их при проведении как полевых исследований, так и цифровизации архивных материалов. Для отдельных подсистем, таких как реконструкция и 3D-модели, допускается полностью незаполненное (позиция null) состояние таблиц. В структуре базы данных используются справочные таблицы для данных из выпадающего списка (например, страна обнаружения останков). Это позволяет упростить и ускорить заполнение каждой записи в таблице, дополнительно повышает

контроль за целостностью и достоверностью заполняемых данных, а также корректность исполнения SQL-запросов. Все стандарты сопровождаются справочниками-тезаурусами, в которых имеется объяснение понятий и представлена используемая терминология. При формировании связей и таблиц мы учитывали, что стандарт может иметь длинную и короткую запись, полную или частичную заполняемость. Длинная запись ориентирована на фиксацию максимального объема информации по тем или иным подсистемам. При составлении длинных записей стандартов было использовано максимальное число качественных и количественных признаков. Короткая запись является сокращенным вариантом длинной записи и может быть использована для предоставления информации в открытом доступе или для иных целей. Например, краткие данные о месте обнаружения останков содержат сведения о стране, области и/или районе проведения поисковых работ. В свою очередь, длинная запись дополняется информацией о ближайшем городе/поселении и точных координатах ГЛОНАСС/GPS.

Для поддержания ссылочной целостности в SQL Server обеспечиваются действия по action и cascade. Первое запрещает удаление существующей записи, если имеются зависимые записи с соответствующим значением внешнего ключа. Второе позволяет исключить появление «непривязанных данных», так как при удалении записи вместе с ней удаляются все записи с соответствующими внешними ключами. Например, если для некоего бойца существует хотя бы одна реконструкция внешнего облика, нельзя удалить данные его карточки по этому черепу. В то же время, если необходимо удалить все данные по одному определенному черепу, достаточно будет удалить запись карточки бойца.

Сохранность данных гарантирует автоматическое регулярное резервное копирование хранимой информации в случае программных ошибок или аппаратных сбоев. Согласованность данных при конкурентном доступе к базе данных достигается за счет одного уровня изоляции транзакций (serializable). Интерфейс подсистем типовой: слева – дерево сущностей (таблицы, подсистемы, справочники), справа – содержимое соответствующих сущностей. Запросная подсистема представляет собой набор фильтров по каждому из полей тематической таблицы. Для каждого поля формируется форма ввода в зависимости от его типа данных, реализована дополнительная проверка корректности записываемых данных. Процесс работы с базой данных предполагает два основных режима доступа: полнофункциональный (с функцией редактирования и заполнения данных) только для авторизованных пользователей и общий (презентационный) для широкого круга лиц. Полнофункциональный доступ предоставляется по запросу как на группу лиц, так и персонально. Такой подход позволяет реализовать единую информационную среду, поддерживающую взаимовыгодные отношения значимого количества независимых участников на любом этапе спасательных работ.

Организация хранения трехмерных данных

Трехмерное сканирование объектов стало стандартной практикой в антропологии. Однако интеграция нереляционных, объемных по своему характеру 3D-данных представляет собой нетривиальную инженерную задачу. Для решения проблемы хранения и обработки трехмерных моделей были разработаны гибридные способы размещения объектов. Сами 3D-модели (в том числе с текстурой) допускается хранить в реляционной базе, обычно как большие двоичные объекты

(тип данных Binary Large Object или OBLB). Однако такой подход в нашем случае не является оптимальным по нескольким причинам.

В случае загрузки данных типа OBLB геометрия модели будет храниться в файловой системе как столбец бинарных данных, описывающий координаты каждой вершины трехмерной модели. Это позволяет сохранять целостность, единство структуры и гарантирует простор управления базой данных. Однако количество полигонов модели, обеспечивающее достаточное качество для последующей реконструкции, достаточно велико даже в самом упрощенном варианте хранения 3D-модели. Минимальное количество координат вершин для одной трехмерной модели насчитывает около 200 тыс. значений. Отдельно хранятся данные о текстуре. С увеличением числа записанной информации и общего количества оцифрованных объектов объем двоичных данных становится критичным, возникает избыточность значений. Проблема усугубляется высокими требованиями к точности и детализации моделей черепа, что приводит к файлам значительного размера. Некоторых улучшений можно добиться разделением единого массива двоичных данных на отдельные таблицы посредством нормализации (хранение нормалей, направлений векторных данных и других частей модели в отдельных таблицах). Однако такой подход вызывает значительное замедление работы СУБД, долгую обработку запросов и сортировку данных.

В качестве альтернативы для хранения большого объема данных и с целью повышения производительности работы базы данных был выбран смешанный формат. Таким образом, в базе данных хранятся только ссылки на 3D-модели и некоторые метаданные (название файла, место хранения). Сами файлы трехмерных моделей в любом удобном и допустимом формате хранятся отдельно. Такой подход позволяет сохранить производительность работы с базой данных на высоком уровне, уменьшает нагрузку на СУБД, дает относительную свободу и вариативность использования различных мест хранения трехмерных моделей (облачное или сетевое хранилище, внешний накопитель). Для обеспечения целостности, так как все 3D-модели на данном этапе разработки хранятся в сетевой папке с общим доступом, предполагается периодическая проверка при помощи встроенной функции динамического управления (DMF) SQL Server, которая позволяет проверить существование файла по указанному пути.

Заключение

Проектирование реляционной базы данных, ориентированной на работу с трехмерными моделями черепов, представляет собой современный междисциплинарный проект. Разработанная в рамках данного исследования система обработки больших данных реализована в формате связанного между собой набора гибких данных с иерархичной структурой, обеспеченного многопользовательским доступом к файлам. Предложенная архитектура поддерживает быструю и легкую трансформацию структур обрабатываемых данных и приложений к базе данных на всем протяжении жизненного цикла системы. Реализуемый подход позволяет сочетать достоинства реляционной модели (надежность, широкая математическая база и выразительные возможности для работы с метаданными) с эффективностью файловых хранилищ (для работы с объемными данными), что создает фундамент для создания масштабируемых и функциональных информационных систем в антропологии и смежных дисциплинах. Предложенная модель

эффективно связывает в единое информационное пространство данные о поисковых работах, результаты антропологического исследования, цифровые копии костных останков и отдельные персональные документальные сведения. Внедрение подобной базы в практику поискового движения способно существенно увеличить процент успешной идентификации погибших воинов.

Дальнейшее развитие проекта мы видим во внедрении алгоритмов машинного обучения для предварительного анализа морфологических соответствий. Также в дальнейшем планируются создание комфортной web-версии базы данных и разработка программного интерфейса основного приложения для работы с карточками бойцов. Особое внимание предполагается уделить протоколам взаимодействия с GIS-системами для более наглядного предоставления пространственных данных.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ (проект № 25-28-01483 «Научное обоснование и реализация антропологической реконструкции внешности и идентификации личности на основе виртуальных копий костных останков времен ВОВ»).

Список литературы

- Герасимов М. М. Восстановление лица по черепу (современный и ископаемый человек) // Труды Института этнографии АН СССР. 1955. Т. 28. 585 с.
- Звягин В. Н. Текущие проблемы медико-криминалистической идентификации личности // Проблемы экспертизы в медицине. 2012. Т. 12, № 3–4. С. 39–43.
- Земцов А. Н., Болгов Н. В., Божко С. Н. Многокритериальный выбор оптимальной системы управления базы данных с помощью метода анализа иерархий // Инженерный вестник Дона. 2014. Т. 29, № 2. 47 с.
- Информационная система «Память народа». URL: <https://pamyat-naroda.ru/about/> (дата обращения: 11.04.2025).
- Обобщенный банк данных «Мемориал» // Министерство обороны Российской Федерации. URL: <https://obd-memorial.ru/html/> (дата обращения: 11.04.2025).
- Чернышев Г. А. Обзор подходов к организации физического уровня в СУБД // Труды СПИИРАН. 2013. Т. 1, № 24. С. 222–277.
- Biggs J. Digital Modeling for Bioarchaeologists // *Advances in Archaeological Practice*. 2019. Vol. 7, N 1. P. 47–54. <https://doi.org/10.1017/AAP.2018.47>
- Cattell R. Scalable SQL and NoSQL Data Stores // *ACM SIGMOD Record*. 2011. Vol. 39, N 4. P. 12–27. <https://doi.org/10.1145/1978915.1978919>
- Chen P. The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data // *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*. New York : ACM, 1976. Vol. 1. P. 9–36. <https://doi.org/10.1145/320434.320440>
- Facial reconstruction using 3-D computerized method: A scoping review of Methods, current Status, and future developments / P. Navic, C. Inthasan, T. Chaimongkhon, P. Mahakkanukrauh // *Legal Medicine*. 2023. Vol. 62, N 2. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2023.102239>
- Kuzminsky S. C., Gardiner M. S. Three-dimensional laser scanning: potential uses for museum conservation and scientific research // *Journal of Archaeological Science*. 2012. Vol. 39, N 8. P. 2744–2751. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.03.008>
- Sevillano O. L., Armentano O. N., Martinez-Abadías N. Virtual anthropology: Forensic applications to cranial skeletal remains from the Spanish Civil War // *Forensic Science International*. 2022. Vol. 341. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111504>
- Villa C. Forensic 3D documentation of skin injuries // *International Journal of Legal Medicine*. 2016. Vol. 131. P. 231–240. <https://doi.org/10.1007/s00414-016-1499-9>
- Hellerstein J. M., Stonebraker M., Hamilton J. Architecture of a Database System // *Foundations and Trends in Databases*. 2007. Vol. 1, N 2. P. 141–259. <https://doi.org/10.1561/1900000002>
- Wilkinson C. Forensic facial reconstruction. Cambridge University Press, 2004. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107340961>
- Wilkinson C., Rynn C. Craniofacial Identification. Cambridge : Cambridge University Press, 2012. 263 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139049566>

References

- Biggs J. Digital Modeling for Bioarchaeologists. *Advances in Archaeological Practice*. 2019, Vol. 7, N 1, pp. 47–54. <https://doi.org/10.1017/AAP.2018.47>
- Cattell R. Scalable SQL and NoSQL Data Stores. *ACM SIGMOD Record*. 2011, Vol. 39, No. 4, pp. 12–27. <https://doi.org/10.1145/1978915.1978919>

- Chen P. The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, New York, ACM, 1976, Vol. 1, pp. 9–36. <https://doi.org/10.1145/320434.320440>
- Chernyshev G. A. Obzor podkhodov k organizatsii fizicheskogo urovnya v SUBD [Review of approaches to organizing the physical level in a DBMS]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo instituta informatiki i avtomatizatsii RAN [Proceedings of the St. Petersburg Institute of Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences]*. 2013, Vol. 1, N 24, pp. 222–277. (In Russ.)
- Gerasimov M. M. Vosstanovlenie litsa po cherepu (sovremennyy i iskopaemyi chelovek) [Facial reconstruction from skull (modern and fossil humans)]. *Trudy Instituta etnografii AN SSSR [Proceedings of the Institute of Ethnography of the USSR Academy of Sciences]*. 1955, Vol. 28, 585 p. (In Russ.)
- Hellerstein J. M., Stonebraker M., Hamilton J. Architecture of a Database System. *Foundations and Trends in Databases*. 2007, Vol. 1, N 2, pp. 141–259. <https://doi.org/10.1561/19000000002>
- Informatsionnaya sistema "Pamyat narodov" [Information system «Memory of the People»]. URL: <https://pamyat-naroda.ru/about/> (date of access: 11.04.2025). (In Russ.)
- Kuzminsky S. C., Gardiner M. S. Three-dimensional laser scanning: potential uses for museum conservation and scientific research. *Journal of Archaeological Science*. 2012, Vol. 39, N 8, pp. 2744–2751. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.03.008>
- Obobshchennyi bank dannykh "Memorial" Ministerstvo oborony Rossiiskoi Federatsii [Generalized database «Memorial». Ministry of Defense of the Russian Federation]. URL: <https://obd-memorial.ru/html/> (date of access: 11.04.2025).
- Navic P., Inthasan C., Chaimongkhon T., Mahakanukrauh P. Facial reconstruction using 3-D computerized method: A scoping review of Methods, current Status, and future developments. *Legal Medicine*. 2023, Vol. 62, N 2. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2023.102239>
- Sevillano O. L., Armentano O. N., Martinez-Abadías N. Virtual anthropology: Forensic applications to cranial skeletal remains from the Spanish Civil War. *Forensic Science International*. 2022, Vol. 341. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111504>
- Villa C. Forensic 3D documentation of skin injuries. *International Journal of Legal Medicine*. 2016, Vol. 131, pp. 231–240. <https://doi.org/10.1007/s00414-016-1499-9>
- Wilkinson C. *Forensic facial reconstruction*. Cambridge University Press, 2004. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107340961>
- Wilkinson C., Rynn C. (eds.). *Craniofacial Identification*. Cambridge, Cambridge University Press, 2012, 263 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139049566>
- Zemtsov A. N., Bolgov N. V., Bozhko S. N. Mnogokriterialnyi vybor optimalnoi sistemy upravleniya bazy dannykh s pomoshchiyu metoda analiza ierarkhii [Multi-criteria selection of the optimal database management system using the hierarchy analysis method]. *Inzhenernyi vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]*. 2014, Vol. 29, N 2, 47 p. (In Russ.)
- Zvyagin V. N. Tekushchie problemy mediko-kriminalisticheskoi identifikatsii lichnosti [Current issues in forensic medical identification]. *Problemy ehkspertizy v meditsine [Problems of expertise in medicine]*. 2012, Vol. 12, N 3–4, pp. 39–43. (In Russ.)

Сведения об авторах

Спасибко Александра Борисовна

стажер-исследователь, Институт этнологии и антропологии им. Н. Н. Миклухо-Маклая РАН; Россия, 119334, г. Москва, Ленинский просп., 32а младший научный сотрудник, НИЦ «Байкальский регион», Лаборатория геоархеологии Байкальской Сибири, Иркутский государственный университет; Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: alekspbor@gmail.com

Галеев Равиль Марветович

научный сотрудник, Институт этнологии и антропологии им. Н. Н. Миклухо-Маклая РАН; 119334, Россия, г. Москва, Ленинский просп., 32а
e-mail: ravil.galeev@gmail.com

Астафьева Татьяна Николаевна

член Координационного совета, Общероссийское общественное движение «Поисковое движение России»; Россия, 115162, г. Москва, ул. Лестева, 18
e-mail: astaf-eva@mail.ru

Information about the authors

Spasibko Aleksandra Borisovna

Research Intern, N. N. Miklouho-Maclay Institute of Ethnology and Anthropology RAS; 32a, Leninsky ave., Moscow, Almaty, 119334, Russian Federation
Junior Researcher, Scientific Research Center "Baikal Region", Laboratory of Geoarchaeology of Baikal Siberia, Irkutsk State University; 1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian Federation
e-mail: alekspbor@gmail.com

Galeev Ravil Marvetovich

Research Scientist, N. N. Miklouho-Maclay Institute of Ethnology and Anthropology RAS; 32a, Leninsky ave., Moscow, 119334, Russian Federation
e-mail: ravil.galeev@gmail.com

Astafieva Tatyana Nikolaevna

Member of the Coordinating Council, All-Russian Public Movement "Search Movement of Russia"; 18, Lestev st., Moscow, 115162, Russian Federation
e-mail: astaf-eva@mail.ru