

Проектирование базы данных для системы нейросетевой диагностики оборудования

Данилов Владимир Дмитриевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

В статье представлен проект базы данных для системы нейросетевой диагностики механического оборудования. Система предназначена для хранения и обработки медиаданных (аудиозаписей и спектрограмм), результатов работы свёрточной нейронной сети, информации о диагностируемом оборудовании и справочных данных о неисправностях. Приведена структура базы данных с описанием назначения каждой таблицы, типов данных, первичных и внешних ключей. Представлен SQL-код для создания базы в СУБД MySQL, включая таблицы, индексы, ограничения целостности и тестовые данные. Практическая значимость работы заключается в предоставлении законченного технического решения, готового к внедрению в системах предиктивного обслуживания промышленных предприятий.

Ключевые слова: база данных, SQL, нейросетевая диагностика, медиаданные, проектирование БД, предиктивное обслуживание.

Designing a Database for a Neural Network-Based Equipment Diagnostics System

Danilov Vladimir Dmitrievich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The article presents a database design for a neural network-based diagnostics system for mechanical equipment. The system is intended for storing and processing media data (audio recordings and spectrograms), the results of a convolutional neural network, information about the diagnosed equipment, and reference data on faults. The database structure is provided with a description of the purpose of each table, data types, primary and foreign keys. SQL code for creating the database in the MySQL DBMS is presented, including tables, indexes, integrity constraints, and test data. The practical significance of the work lies in providing a complete technical solution ready for implementation in predictive maintenance systems at industrial enterprises.

Keywords: database, SQL, neural network diagnostics, media data, database design, predictive maintenance.

1.1 Введение

1.1 Актуальность

Внедрение систем предиктивного обслуживания на основе нейронных сетей требует решения комплексной задачи управления данными. Типичная система диагностики обрабатывает десятки тысяч аудиозаписей в год, генерирует спектрограммы, выполняет классификацию с помощью моделей глубокого обучения и сохраняет результаты для последующего анализа. Без правильно спроектированной базы данных эта информация теряет структуру, что делает невозможным отслеживание истории состояния оборудования, анализ эффективности алгоритмов и формирование выборок для дообучения моделей. Разработка специализированного хранилища данных является критически важным инфраструктурным компонентом любой промышленной системы мониторинга.

1.2 Обзор исследований

Л. И. Лешуков, Б. М. Кувшинов рассматривают в своей статье способ преобразования аудиоданных для их дальнейшего использования в сверточных нейронных сетях, что является одним из важнейших пунктов при создании базы данных [1]. М. В. Шевцов, и С. В. Сафонов применяют же уже нейронные сети для анализа аудиоданных в качестве оценки состояния двигателей [2]. Также в научных публикациях рассматриваются различные методики проектирования баз данных [3, 4].

1.3 Цель исследования

Цель исследования — разработать и обосновать структуру реляционной базы данных для комплексного учёта всех информационных объектов в системе нейросетевой диагностики оборудования. Задачи включают: анализ предметной области и выделение ключевых сущностей; проектирование нормализованной схемы БД с описанием каждой таблицы; разработку SQL-кода для реализации.

2 Материалы и методы

При проектировании базы данных применялся инструмент для построения диаграмм Draw.io. SQL-код разрабатывался для СУБД MySQL с учётом требований целостности данных и производительности. Анализ предметной области проводился на основе типового цикла работы системы диагностики: от регистрации оборудования и сбора аудиоданных до классификации неисправностей и формирования отчётов.

3 Результаты

В ходе проведенного исследования была разработана пяти табличная структура базы данных (рис. 1). Схема включает таблицы для учёта оборудования, диагностических сеансов, медиафайлов, результатов нейросетевой классификации и справочников.



Рисунок 1 - Диаграмма базы данных системы нейросетевой диагностики

Основная таблица (оборудование) для учёта диагностируемых агрегатов (рис. 2). Содержит паспортные данные и статус каждого объекта. Служит точкой входа для любого анализа, так как именно к оборудованию привязывается вся последующая диагностическая информация.

```

1 CREATE TABLE equipment (
2     id INT PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,           -- Уникальный идентификатор
3     name VARCHAR(100) NOT NULL,                  -- Наименование оборудования
4     type VARCHAR(50) NOT NULL,                    -- Тип, например: 'двигатель', 'насос', 'компрессор'
5     model VARCHAR(50),                             -- Модель оборудования
6     serial_number VARCHAR(50) UNIQUE NOT NULL,    -- Серийный номер (уникальный)
7     installation_date DATE,                        -- Дата ввода в эксплуатацию
8     status ENUM('active', 'inactive', 'repair') DEFAULT 'active', -- Текущий статус
9     created_at TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP, -- Дата создания записи
10    notes TEXT                                       -- Дополнительные примечания
11 );

```

Рисунок 2 – Таблица 1 – Оборудование

Вторая таблица (диагностические сеансы) является журналом всех фактов проведения диагностических измерений. Каждая запись в этой таблице – это «снимок» состояния оборудования в конкретный момент времени, сделанный конкретным оператором.

```

1 CREATE TABLE diagnostic_sessions (
2     id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,           -- Уникальный идентификатор сеанса
3     equipment_id INT NOT NULL,                       -- Ссылка на оборудование
4     session_date DATETIME DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP, -- Дата и время диагностики
5     operator_name VARCHAR(100),                     -- ФИО оператора
6     location VARCHAR(200),                           -- Место проведения
7     ambient_noise_level DECIMAL(4,1),               -- Уровень фонового шума (дБ)
8     temperature DECIMAL(4,1),                       -- Температура окружающей среды
9     notes TEXT,                                       -- Примечания к сеансу
10    FOREIGN KEY (equipment_id) REFERENCES equipment(id) ON DELETE CASCADE
11 );

```

Рисунок 3 – Таблица 2 – Диагностические сессии

Третья таблица (медиафайлы) создана для учёта исходных аудиоданных и производных спектрограмм. Таблица хранит не сами бинарные файлы (что негативно сказалось бы на производительности БД), а их метаданные и пути в файловой системе или объектном хранилище.

```

1 CREATE TABLE media_files (
2     id INT PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,               -- Уникальный идентификатор файла
3     session_id INT NOT NULL UNIQUE,                  -- Связь с сеансом диагностики (1:1)
4     audio_file_path VARCHAR(500) NOT NULL,           -- Путь к аудиофайлу (WAV)
5     spectrogram_path VARCHAR(500),                  -- Путь к файлу спектрограммы (PNG)
6     duration_sec DECIMAL(5,2) NOT NULL,             -- Длительность записи в секундах
7     sample_rate INT NOT NULL,                       -- Частота дискретизации (Гц)
8     bit_depth INT,                                   -- Разрядность (бит)
9     file_size_mb DECIMAL(6,2),                      -- Размер файла в мегабайтах
10    recording_device VARCHAR(100),                   -- Тип устройства записи
11    FOREIGN KEY (session_id) REFERENCES diagnostic_sessions(id) ON DELETE CASCADE
12 );

```

Рисунок 4 – Таблица 3 – Медиафайлы

Четвертая таблица (справочник неисправностей) – это нормативный перечень возможных дефектов оборудования. Используется для стандартизации выходных данных нейросети.

```

1 CREATE TABLE fault_catalog (
2     fault_code VARCHAR(20) PRIMARY KEY,             -- Код неисправности (первичный ключ)
3     fault_name VARCHAR(100) NOT NULL,               -- Название неисправности
4     category VARCHAR(50),                           -- Категория: 'механическая', 'электрическая'
5     description TEXT,                                -- Подробное описание
6     symptoms TEXT,                                   -- Симптомы проявления
7     severity ENUM("low", "medium", "high", "critical") NOT NULL, -- Критичность
8     recommended_action TEXT,                        -- Рекомендуемые действия
9     created_at TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP
10 );

```

Рисунок 5 – Таблица 4 – Справочник неисправностей

Пятая таблица (результаты нейросети) создана с целью хранения выводов, сделанных нейросетью на основе спектрограмм. Это ядро диагностической информации, ради которой строится вся система.

```
1 CREATE TABLE neural_results (  
2     id INT PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,           -- Уникальный идентификатор результата  
3     session_id INT NOT NULL UNIQUE,              -- Связь с сеансом (1:1)  
4     fault_code VARCHAR(20) NOT NULL,             -- Код выявленной неисправности  
5     confidence DECIMAL(5,4) NOT NULL,            -- Уверенность модели (0.0000-1.0000)  
6     processing_time_ms INT NOT NULL,             -- Время обработки в миллисекундах  
7     model_version VARCHAR(30) NOT NULL,          -- Версия нейросетевой модели  
8     FOREIGN KEY (session_id) REFERENCES diagnostic_sessions(id) ON DELETE CASCADE,  
9     FOREIGN KEY (fault_code) REFERENCES fault_catalog(fault_code) ON UPDATE CASCADE  
10 );
```

Рисунок 6 – Таблица 5 – Результаты нейросети

Таким образом, каждая таблица является логическим звеном в цепочке преобразования данных: от физического агрегата (оборудование) через акт измерения (диагностические сессии) и сырые данные (медиафайлы) к интеллектуальному анализу (результаты нейросети), основанному на знании таблицы (справочник неисправностей). Такая структура обеспечивает прозрачность, контролируемость и постоянное самообучение всей системы диагностики.

4 Вывод

Разработана и детально описана структура базы данных для системы нейросетевой диагностики оборудования. Представлен полный SQL-код, включающий создание пяти нормализованных таблиц с пояснением назначения каждого поля, установку индексов для оптимизации производительности. Особенностью проекта является использование внешнего ключа для связи результатов нейросетевой классификации со справочником неисправностей, что обеспечивает целостность данных и стандартизацию выходной информации. Практическая значимость работы заключается в предоставлении готового к внедрению решения, которое может служить основой для создания промышленных систем предиктивного обслуживания. Дальнейшим развитием работы может стать разработка веб-интерфейса для визуализации данных.

Библиографический список

1. Лешуков Л. И., Кувшинов Б. М., Преобразование звукового сигнала в мел частотную спектрограмму для использования ее в качестве входа сверточной нейронной сети // Южно-Уральская молодежная школа по математическому моделированию: сборник трудов III всероссийской научно-практической конференции, Челябинск, 28–29 апреля 2016 года /

- Под редакцией Ю.М. Ковалева. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. С. 103-107. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27559530>
2. Швецов М. В., Сафонов С. В. Основные тенденции и пути внедрения нейросетей в диагностику машин и оборудования для предупреждения возникновения неисправностей // Инновационное предпринимательство в эпоху глобальных перемен: стратегии адаптации и партнерские возможности: Сборник научных статей участников международной научно-практической конференции, Москва, 16 апреля 2024 года. М.: Образование.Пресс, 2024. С. 335-341. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68575784>
 3. Крамаренко Т. А., Лукьяненко Т. В., Методики и модели проектирования и разработки информационных систем: монография. Краснодар: КубГАУ, 2018. 175 с. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_36805515_60814187.pdf
 4. Зубрилина Т.В., Юрьев В. Н., Базы данных. Проектирование реляционных баз и хранилищ данных с использованием Case-технологий. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2007. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19588463>