**Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)**

**(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Направление** | 09.04.04 – Программная инженерия | |
| **Профиль** | Разработка распределенных программных систем | |
| **Факультет** | КТИ | |
| **Кафедра** | МО ЭВМ | |
| *К защите допустить* |  | |
| Зав. кафедрой |  | Кринкин К.В. |

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА магистра

Тема: ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ TRANSRELATIONAL

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студентка |  |  |  | Полушина Ю.И. |
|  |  | *подпись* |  |  |
| Руководитель | к.т.н., доцент |  |  | Фомичёва Т.Г. |
|  | *(Уч. степень, уч. звание)* | *подпись* |  |  |
| Консультант | к.э.н, доцент |  |  | Звонцов А.В. |
|  | *(Уч. степень, уч. звание)* | *подпись* |  |  |

Санкт-Петербург

2020**ЗАДАНИЕ**

**на выпускную квалификационную работу**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Утверждаю |
|  | Зав. кафедрой МО ЭВМ |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Кринкин К.В. |
|  | «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г. |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Студентка | Полушина Ю.И. | | | |  | Группа | 4303 |
| Тема работы: Программная реализация модели базы данных TransRelational | | | | | | | |
| Место выполнения ВКР: СПбГЭТУ "ЛЭТИ", кафедра МО ЭВМ | | | | | | | |
| Исходные данные (технические требования): Поставлена задача разработки приложения, позволяющего осуществить преобразование стандартной реляционной модели в модель TR. | | | | | | | |
| Содержание ВКР:  «Введение», «Исследование предметной области», «Описание разработки», «Результаты разработки», «Оценка и защита результатов интеллектуальной деятельности», «Заключение». | | | | | | | |
| Перечень отчетных материалов: текст ВКР, иллюстративный материал. | | | | | | | |
| Дополнительные разделы: Оценка и защита результатов интеллектуальной деятельности | | | | | | | |
| Дата выдачи задания | | | Дата представления ВКР к защите | | | | |
| «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ г. | | | «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ г. | | | | |
|  | | |  | | | | |
| Студентка | |  | | Полушина Ю.И. | | | |
| Руководитель к.т.н., доцент | | *подпись* | | Фомичёва Т.Г. | | | |
| *(Уч. степень, уч. звание)* | | *подпись* | |  | | | |
| Консультант к.э.н, доцент | |  | | Звонцов А.В. | | | |
| *(Уч. степень, уч. звание)* | | *подпись* | |  | | | |

**календарный план выполнения**

**выпускной квалификационной работы**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Утверждаю |
|  | Зав. кафедрой МО ЭВМ |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Кринкин К.В. |
|  | «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студентка | Полушина Ю.И. |  | Группа | 4303 |
| Тема работы: Программная реализация модели базы данных TransRelational | | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование работ | Срок выполнения |
| 1 | Обзор литературы по теме работы | 05.02 – 55.03 |
| 2 | Проектирование программы | 06.03 – 12.03 |
| 3 | Разработка программы | 13.03 – 25.04 |
| 4 | Тестирование и отладка программы | 26.04 – 29.04 |
| 5 | Оформление пояснительной записки | 30.04 – 13.05 |
| 6 | Оформление иллюстративного материала | 14.05 – 18.05 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студентка |  | Полушина Ю.И. |
| Руководитель |  | Фомичёва Т.Г. |

**РЕФЕРАТ**

Пояснительная записка 00 стр., 00 рис., 00 табл., 00 ист., 00 прил.

Ключевые слова и словосочетания: БД, субд, Реляционная модель, TransRelational, ТАБЛИЦА ЗНачений ПОлей, Таблица реконструкции записей, Алгоритм, преобразование.

Объектом исследования и разработки являются является модель TransRelational.

Цель работы – разработка программы, осуществляющая преобразование стандартной реляционной модели в модель TR, а также предоставляющей возможность получения и обновления данных из таблиц описанной модели.

В выпускной квалификационной работе рассмотрено техническое описание модели TransRelational(TR), которая может быть использована в качестве средства реализации реляционной модели. Выявлены недостатки и преимущества изученной модели.

В процессе проектирования программы рассмотрены алгоритмы преобразования реляционной модели в TR, реализации основных реляционных операторов, реализации операций обновления данных, разработаны сценарии использования и архитектура.

Реализована модель базы данных TransRelational, проведено тестирование разработанной программы.

**ABSTRACT**

In this graduating work a technical description of the TransRelational (TR) model, which can be used for implementation relational database management systems (RDBMS), was presented. Advantages and disadvantages of this model was revealed.

During the design of the program, the algorithms for transforming the relational model into TR, approaches for implementation of the basic relational algebra operators and operations of data update were described. Also, the use-case scenarios and architecture were developed.

The TransRelational database model was implemented, and the developed program was tested.

содержание

[СОДЕРЖАНИЕ 6](#_Toc40553532)

[ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 9](#_Toc40553533)

[ВВЕДЕНИЕ 10](#_Toc40553534)

[1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ 12](#_Toc40553535)

[1.1. Обзор информационных источников 12](#_Toc40553536)

[1.2. Реляционные базы данных 13](#_Toc40553537)

[1.3. Уровни представления данных 16](#_Toc40553538)

[1.4. Модель TransRelational 18](#_Toc40553539)

[Основная идея модели TransRelational 19](#_Toc40553540)

[Уровни абстракции модели TransRelational 20](#_Toc40553541)

[Таблица значений полей 22](#_Toc40553542)

[Таблица реконструкции записей 23](#_Toc40553543)

[Реконструирование записей по таблицам 24](#_Toc40553544)

[Формирование таблицы реконструкции записей 26](#_Toc40553545)

[Уникальные таблицы 28](#_Toc40553546)

[Сжатые столбцы 29](#_Toc40553547)

[Слившиеся столбцы 30](#_Toc40553548)

[1.5. Выводы 32](#_Toc40553549)

[2. ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТКИ 33](#_Toc40553550)

[2.1. Алгоритмы преобразования в модель TR 33](#_Toc40553551)

[Формирование таблицы значений полей 33](#_Toc40553552)

[Формирование таблицы реконструкций записей 33](#_Toc40553553)

[Реконструкция записи (алгоритм зигзага): 34](#_Toc40553554)

[2.2. Реализация реляционных операторов 35](#_Toc40553555)

[Селекция 35](#_Toc40553556)

[Проекция 36](#_Toc40553557)

[Декартово произведение 37](#_Toc40553558)

[Объединение 37](#_Toc40553559)

[Пересечение 38](#_Toc40553560)

[Разность 38](#_Toc40553561)

[Соединение 39](#_Toc40553562)

[2.3. Реализация операций обновления данных 40](#_Toc40553563)

[Алгоритм обмена (The swap algorithm) 40](#_Toc40553564)

[Вставка нового значения 42](#_Toc40553565)

[Удаление значения 42](#_Toc40553566)

[Обновление записи 42](#_Toc40553567)

[2.4. Сценарии использования 43](#_Toc40553568)

[Импорт данных в формате SQL: 43](#_Toc40553569)

[Просмотр таблицы значений полей: 43](#_Toc40553570)

[Просмотр таблицы реконструкции записей: 43](#_Toc40553571)

[Операция INSERT: 44](#_Toc40553572)

[Операция DELETE: 44](#_Toc40553573)

[Операция UPDATE: 44](#_Toc40553574)

[Выборка данных с заданными столбцами: 44](#_Toc40553575)

[Выборка данных с помощью оператора WHERE: 44](#_Toc40553576)

[Выборка данных с помощью оператора INNER JOIN: 45](#_Toc40553577)

[2.5. Архитектура решения 47](#_Toc40553578)

[Слой клиента 47](#_Toc40553579)

[Слой компонентов 47](#_Toc40553580)

[Слой данных 48](#_Toc40553581)

[2.6 Выводы 50](#_Toc40553582)

[3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ 51](#_Toc40553583)

[3.1. Структура программной реализации. 51](#_Toc40553584)

[3.2. Результаты работы алгоритмов 54](#_Toc40553585)

[3.3. Тестирование 58](#_Toc40553586)

[3.4 Выводы 59](#_Toc40553587)

[4. ОЦЕНКА И ЗАЩИТА РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 60](#_Toc40553588)

[4.1. Понятие интеллектуальной собственности 60](#_Toc40553589)

[4.2. Результаты интеллектуальной деятельности и их характеристика 60](#_Toc40553590)

[4.3. Нормативно-правовое акты, регулирующие вопросы защиты результатов интеллектуальной деятельности 63](#_Toc40553591)

[4.4. Описание процедуры подачи заявки на регистрацию объектов интеллектуальной деятельности 68](#_Toc40553592)

[4.5. Проведение анализа возможного использования разработанного в рамках ВКР объекта интеллектуальной деятельности и рынка товаров, работ, услуг, которые могут производиться и реализовываться с его использованием 69](#_Toc40553593)

[4.6. Рыночная стоимость объекта оценки 72](#_Toc40553594)

[4.6. Выводы 75](#_Toc40553595)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 76](#_Toc40553596)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 77](#_Toc40553597)

определения, обозначения и сокращения

В настоящей пояснительной записке применяют следующие термины с соответствующими определениями:

БД – База данных

ВКР – Выпускная квалификационная работа

ПО – Программное обеспечение

СУБД – Система управления базами данных

ЭВМ – Электронно-вычислительная машина

NoSQL – Not Only SQL

SQL – Structured Query Language

TR – TransRelational

XML – eXtensible Markup Language

введение

Современный мир трудно представить без использования баз данных. Большинство приложений активно используют базы данных, а размеры и количество хранимых данных с каждым годом растет. На данный момент выделяют основные модели баз данных: иерархическая, сетевая, реляционная, объектно-ориентированная. Такие модели как иерархическая, сетевая, объектно-ориентированная относят к не реляционным базам данных (NoSQL) [1].

Реляционная модель предлагает математический способ структуризации, хранения и использования данных [2]. Отношения позволяют группировать данные как связанные наборы, представленные в виде таблиц, содержащих упорядоченную информацию и соотносящих значения и атрибуты.

Базы данных NoSQL хорошо подходят для многих современных приложений, например мобильных, игровых, интернет‑приложений, когда требуются гибкие масштабируемые базы данных с высокой производительностью и широкими функциональными возможностями, способные обеспечивать максимальное удобство использования [3]. Но также существуют недостатки NoSQL баз данных, например, проблемы с транзакциями, что является очень важным в банковских системах.

Таким образом реляционные базы данных до сих пор используются повсеместно и развиваются. Благодаря десятилетиям исследований и разработки реляционные СУБД работают производительно и надёжно. В сочетании с большим опытом использования администраторами реляционные базы данных стали выбором, гарантирующим защиту информации от потерь.

Модель TransRelational(TR) - это подход к реализации реляционной модели. Модель TR разработана Стивеном Тареном на основе его запатентованной технологии [4], получившей название преобразования Тарена. Предполагается, что модель TR предлагает улучшенную физическую независимость данных и производительность по сравнению с различными популярными стратегиями для реализации реляционных моделей.

В настоящее время не существует СУБД, основанной на данной модели.

**Цель** данной работы состоит в реализации программы, позволяющей осуществить преобразование стандартной реляционной модели в модель TR, а также предоставляющей возможность получения и обновления данных из таблиц описанной модели.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

* Провести анализ модели TransRelational.
* Выявить и сформулировать требования к разрабатываемой программе.
* Разработать архитектуру программы и сценарии использования.
* Реализовать алгоритм преобразования из реляционной модели в TR модель.
* Реализовать операции реляционной алгебры в TR модели, необходимые для выборки данных из таблиц.
* Реализовать алгоритмы доступа к БД.
* Реализовать программу, удовлетворяющую всем сформулированным критериям.
* Провести отладку и тестирование разработанной программы.

**Объектом исследования** является модель TransRelational.

**Предметом исследования** являются алгоритмы преобразования реляционной модели в модель TransRelational, алгоритмы доступа к БД.

1. Исследование предметной области

1.1. Обзор информационных источников

Цель исследования предметной области － изучение и точное описание подходов к решению поставленных задач и выявление требований к будущей программе.

В рамках данного исследования был сделан упор на изучение литературы. Так как реляционная модель достаточно хорошо изучена и используется давно, существует множество источников на русском и иностранных языках.

В отличии от реляционной модели модель TransRelational практически не описана. На русском языке краткое описание модели TR можно найти в книге Кристофера Дейта «Введение в системы баз данных, 8-е издание» [5]. Информацию о реализации модели TR можно найти только в англоязычных источниках. Основным источником для изучения подходов к реализации TR модели является книга Кристофера Дейта «Go Faster! The TransRelational Approach to DBMS Implementation» [6].

В данной книге рассмотрены следующие темы:

* Технология TR и реляционная модель.
* Проблемы непосредственного отображения данных на физический уровень.
* Уровни абстракции TR модели.
* Описание ключевой идеи и преимущества TR модели.
* Таблица значений полей.
* Таблица реконструкции записей.
* Описание подходов к реализации операций обновления.
* Предпочтительные таблицы реконструкции записей.
* Cжатые столбцы.
* Слившиеся столбцы.
* Описание подходов к реализации реляционных операций.
* Описание подходов к реализации СУБД с записью на диск.

На основании изученных материалов можно сделать вывод, что для реализации TransRelational модели необходимо решить следующие задачи:

* Реализовать процесс формирования таблицы значений полей реляционной таблицы.
* Реализовать процесс формирования таблицы реконструкции записей из реляционной таблицы.
* Реализовать основные операции реляционной алгебры: селекция, проекция, объединение, пересечение, разность, соединение.

В следующих разделах будет рассмотрено теоретическое описание реляционных баз данных, подходов к созданию БД и модель TransRelational. Вся эта информация необходима для достижения поставленных задач.

1.2. Реляционные базы данных

Система баз данных — это компьютеризированная система, основным назначением которой является хранение информации, предоставление пользователям средства ее извлечения и модификации.

Между физической базой данных и пользователями системы располагается уровень программного обеспечения - система управления базами данных, СУБД.

Система баз данных может быть основана на нескольких различных подходах. В данной работе рассматривается только реляционная модель. Реляционная модель основана на определенных математических и логических принципах.

Реляционная база данных – это база данных, которая рассматривается пользователями как множество переменных, значениями которых являются отношения (таблицы) [7].

Реляционная система — это система, основанная на описанных ниже принципах:

* Данные рассматриваются пользователем как таблицы.
* Пользователю предоставляются операторы, позволяющие генерировать новые таблицы на основании уже существующих. Должны присутствовать такие операторы как селекция и проекция. Эти и подобные им операции называются операциями реляционной алгебры.

Реляционная модель определяет не только принципы хранения данных, но и способы их обработки. [8]

Реляционная алгебра – формальная система манипулирования отношениями в реляционной модели данных.

Отношение – это множество, поэтому средства манипулирования отношениями могут базироваться на традиционных теоретико-множественных операциях, дополненных некоторыми операциями, специфичными для баз данных.

Оригинальная алгебра, определенная Кодом, включает в себя восемь операций, которые делятся на два класса [9]:

* Традиционные операции с множествами: объединение, пересечение, разность, декартово произведение;
* Специальные реляционные операции: сокращение, проекция, соединение, деление.

В состав реляционной алгебры включаются также операции присваивания и переименования атрибутов.

На рис. 1.1 приведена неформальная иллюстрация к описанию восьми первоначальных реляционных операций.

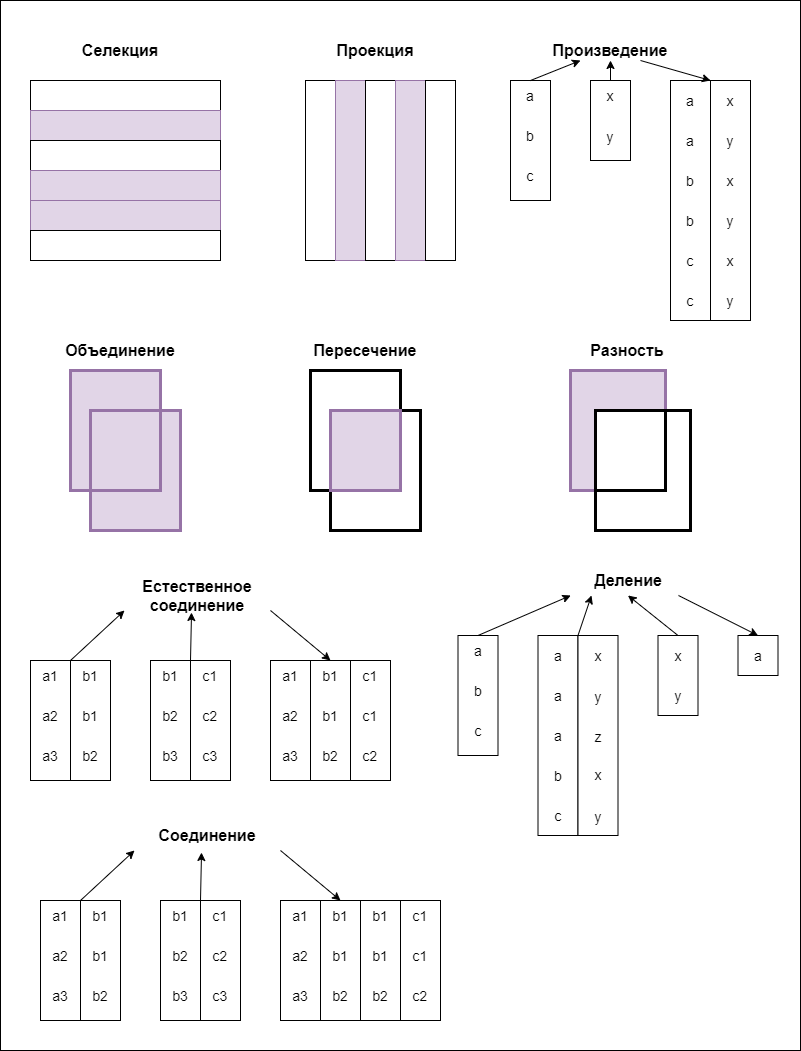
****

Рисунок 1.1 – Операции реляционной алгебры

1.3. Уровни представления данных

Современные подходы к созданию БД предполагают три уровня архитектуры: внутренний, концептуальный и внешний [6].

На рисунке 1.2 представлена архитектура в общих чертах.

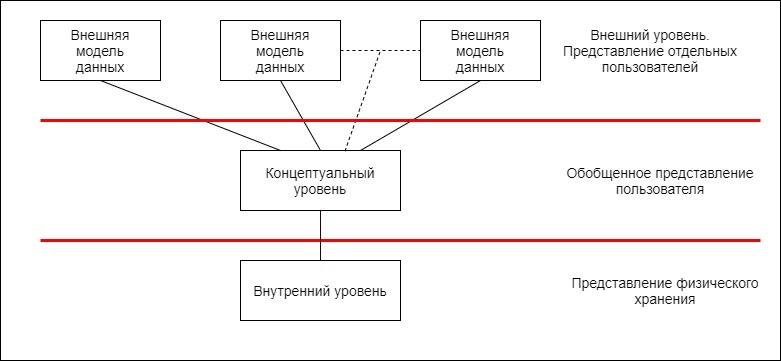


Рисунок 1.2 - Три уровня архитектуры БД

Внешний уровень (называемый также пользовательским логическим) — это индивидуальный уровень пользователя. Этот уровень определяет точку зрения на БД отдельных пользователей приложений. Каждое приложение видит и обрабатывает только те данные, которые необходимы именно ему.

Концептуальный уровень (называемый также логическим) — это представление всей информации БД в несколько более абстрактной форме (как и в случае внешнего представления) по сравнению с описанием физического способа хранения данных. Однако концептуальное представление существенно отличается от представления данных какого-либо отдельного пользователя. При разработке концептуальной модели усилия направлены на структуризацию данных и выявление взаимосвязей, без рассмотрения особенностей реализации и эффективности разработки.

Внутренний уровень (называемый также физическим) — это низкоуровневое представление БД, данные расположены на внешних носителях информации. Внутренняя модель определяет размещение данных, методы доступа, технику индексирования.

Трёхуровневая организация БД позволяет обеспечить логическую и физическую независимость при работе с данными. Логическая независимость предполагает возможность изменения одного приложения, без корректировки других приложений, работающих с этой же БД. Физическая независимость предполагает возможность переноса хранимой информации с одних носителей на другие при сохранении работоспособности всех приложений, использующих эту БД.

Различные системы предоставляют физическую независимость данных в разной степени. Современные системы, которые используют непосредственное отображение данных на физический уровень, обеспечивают гораздо меньшую независимость данных, чем реляционные системы теоретически способны. Эту проблему может решить модель TransRelational.

1.4. Модель TransRelational

Модель TransRelational (модель TR) представляет собой иной способ реализации системы управления базами данных. В действительности, модель TR представляет собой пример применения более общей технологии, называемой преобразованием Тарена, для реализации реляционных систем. Модель TR и реляционная модель являются абстрактными моделями данных, но модель TR находится на более низком уровне абстракции, ближе к структурам физической памяти.

Метод преобразования Тарена, на который распространяется патент США [1], предназначен для использования в качестве технологии реализации для систем хранения и выборки данных многих типов, включая, например, системы хранилищ данных, инструментальные средства разработки данных, системы SQL, машины поиска Web, системы, основанные на использовании языка XML и т.д.

Модель TransRelational удобно рассматривать с точки зрения ее использования для решения задачи — обеспечения независимости от физических данных. Обеспечение независимости от данных означает проведение четкого различия между логическим и физическим уровнями системы, а проведение такого четкого различия, в свою очередь, требует наличия средств преобразования между этими двумя уровнями, с помощью которых логический уровень отображается на физический, и наоборот. Но в большинстве современных СУБД применяется такой способ преобразования, который может рассматриваться почти как взаимно-однозначный. В подобной системе все, что хранится на физическом уровне, можно рассматривать в качестве непосредственного отображения того, что пользователь видит на логическом уровне. Одним из следствий из указанного факта является то, что подобные системы в действительности не обеспечивают настолько уж значительную независимость от данных. Еще одним следствием является то, что обязательно приходится располагать данные в памяти только в одной физической последовательности, а в результате этого возникает необходимость в использовании индексов и других избыточных структур для поддержки доступа к данным, расположенным в той последовательности, которая отличается от требуемой. Кроме того, возникает и такое следствие, что для достижения приемлемой производительности требуется сложная оптимизация. Наконец, важным следствием является то, что задача администрирования базы данных становится намного более сложной, чем могла бы быть.

Основная идея модели TransRelational

Допустим, что r — запись некоторого файла на файловом уровне. В таком случае справедливо утверждение: хранимая форма записи r состоит из двух логических различимых частей – множества значений полей и множества «связующих» данных, позволяющих связать друг с другом эти значения полей, причем для физического хранения каждой из этих частей можно воспользоваться широким спектром возможностей [2].

В системах с непосредственным отображением эти две части хранятся вместе. В таких системах связующая информация задается по принципу физической близости. В отличие от этого, в модели TR эти две части хранятся отдельно — значения полей находятся в таблице значений полей, а связующая информация — в таблице реконструкции записей. А именно такое разделение различает модель TR от предыдущих подходов реализации реляционной модели и является основным источником многочисленных преимуществ, которые способна предоставить модель TR.

Преимущества модели TransRelational:

* Модель TR обеспечивает гораздо большую независимость от данных по сравнению с той, которая достигнута или может быть достигнута в системах с непосредственным отображением.
* В модели TR данные, по существу, хранятся во многих разных физических последовательностях одновременно, поэтому исключается необходимость в использовании индексов и тому подобных структур.
* Производительность модели TR на несколько порядков выше по сравнению с системами непосредственного отображения. В частности, производительность операции соединения является линейной.
* Администрирование системы в значительной степени упрощается, поскольку гораздо реже приходится принимать субъективные решения.
* Запросы, требующие поиска конкретного значения, могут быть реализованы с помощью эффективного бинарного поиска.

Уровни абстракции модели TransRelational

Реляционная система, реализованная с использованием модели TR, может рассматриваться как охватывающая три уровня абстракции: реляционный уровень, файловый уровень и уровень модели TR.

На реляционном уровне данные представлены в виде отношений, которые обычным образом составлены из кортежей и атрибутов.

На уровне TR данные представлены с помощью различных внутренних структур модели TR, называемых таблицами, а сами эти таблицы состоят из строк и столбцов. Указанные таблицы, строки и столбцы не являются реляционными таблицами с теми же именами, а также непосредственно не соответствуют отношениям, кортежам или атрибутам на пользовательском уровне. Этот уровень наиболее близок к физическому уровню в классической архитектуре БД, но все еще является абстрактным.

Файловый уровень представляет собой уровень перенаправления между другими двумя уровнями — отношения верхнего уровня отображаются на файлы среднего уровня, а затем эти файлы отображаются на таблицы низкого уровня. Кроме того, указанные файлы состоят из записей и полей; записи соответствуют кортежам, а поля — атрибутам верхнего уровня.

В табл. 1.1. приведен пример файла с данными о студентах. Пример содержит информацию о номере зачетной книжки (№ЗК), фамилии, номере группы и даты защиты студента. В таком файле записи имеют упорядочение сверху вниз, а поля — упорядочение слева направо, как показано с помощью номеров записей и номеров полей в таблице. Рассматриваемое упорядочение выбрано произвольным образом, поэтому, например, данное отношение можно было бы отобразить на любой из 2880 (5! x 4!) различных файлов, при этом, не теряя какой-либо информации и связи между данными.

Таблица 1.1 - Исходный файл с данными

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Последовательность полей:*** | | ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** |
| ***Последовательность записей:*** |  | №ЗК | Фамилия | Номер группы | Дата защиты |
| 1 | N448 | Иванов | 4303 | 06.06.2020 |
| 2 | N554 | Петров | 4302 | 05.06.2020 |
| 3 | N221 | Сидоров | 4304 | 03.06.2020 |
| 4 | N123 | Попов | 4301 | 01.06.2020 |
| 5 | N300 | Кузнецов | 4305 | 05.06.2020 |

Файл, подобный приведенному в табл. 1.1, может быть представлен с помощью таблиц на уровне TR и реконструирован из этих таблиц. При этом следует учитывать тот факт, что все возможные различные версии одного и того же файла могут быть реконструированы из одних и тех же таблиц TR одинаково легко. Это означает, что в разных версиях файла упорядочение записей и полей может отличаться, а содержание остается одним и тем же. В этих таблицах TR строки имеют упорядочение сверху вниз, а столбцы — упорядочены слева направо. В частности, строки таблиц TR не имеют какого-либо взаимно однозначного соответствия записям на файловом уровне, а в силу этого и не имеют какого-либо взаимно однозначного соответствия кортежам на реляционном уровне.

Таблица значений полей

В табл. 1.2. приведена таблица TR, называемая таблицей значений полей, которая соответствует файлу в табл. 1.1.

Стоит обратить внимание на то, что ее строки не соответствуют каким-либо очевидным образом тем записям, которые показаны в табл. 1.1.

Таблица 1.2 - Таблица значения полей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Последовательность столбцов:*** | | ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** |
| ***Последовательность строк:*** |  | №ЗК | Фамилия | Номер группы | Дата защиты |
| 1 | N123 | Иванов | 4301 | 01.06.2020 |
| 2 | N221 | Кузнецов | 4302 | 03.06.2020 |
| 3 | N300 | Петров | 4303 | 05.06.2020 |
| 4 | N448 | Попов | 4304 | 05.06.2020 |
| 5 | N554 | Сидоров | 4305 | 06.06.2020 |

Таблица значений полей — это единственная таблица TR, которая содержит пользовательские данные как таковые. Все остальные таблицы содержат внутреннюю информацию, которая имеет смысл только для модели TR, но непосредственно не касается пользователя. Формируется таблица значений полей с помощью сортировки: каждый столбец таблицы содержит значения из соответствующего поля файла, отсортированные в порядке возрастания. Стоит отметить, что независимо от первоначального расположения записей в файле всегда формируется одна и та же таблица значений полей.

Использование такой таблиц предоставляет следующие преимущества:

* Т.к. каждый атрибут отсортирован сразу в обоих направлениях - возрастающем и убывающем, таблица значений предоставляет множество различных вариантов сортировки одновременно. Пользовательские запросы с конструкцией ORDER BY будут выполняться быстрее, для этого не требуется ни сортировка на этапе выполнения, ни индекс.
* Запросы, требующие поиска конкретного значения, могут быть реализованы с помощью эффективного бинарного поиска. Бинарный поиск имеет логарифмическую сложность O(logN) против последовательного поиска со сложностью O(n).

Таблица реконструкции записей

Для того чтобы иметь возможность реконструировать приведенный в табл. 1.1 файл из таблицы значений полей в табл. 1.2, требуется еще одна таблица — таблица реконструкции записей, приведенная в табл. 1.3.

Таблица 1.3 - Таблица реконструкции записей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Последовательность столбцов:*** | | ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** |
| ***Последовательность строк:*** |  | №ЗК | Фамилия | Номер группы | Дата защиты |
| 1 | 4 | 3 | 1 | 1 |
| 2 | 5 | 5 | 3 | 2 |

Продолжение таблицы 1.3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 3 | 2 | 2 | 5 | 5 |
| 4 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 5 | 3 | 4 | 4 | 4 |

Таблицы значений полей и реконструкции записей имеют такое же количество строк и столбцов, сколько записей и полей, соответственно, имеется в файле в табл. 1.1. Данные в таблице реконструкции записей представляют собой номера строк, а они могут рассматриваться как указатели на строки таблицы значений полей.

Реконструирование записей по таблицам

Допустим, необходимо получить информацию о студенте с номером зачетной книжки “N300”. Для понимания, как используется таблица реконструкции записей, рассмотрим последовательность действий, описанную ниже:

1. Перейти в ячейку [3, 1] таблицы значений полей и прочитать значение, а именно “N300”. Данное значение является первым значением поля в записи с данными о студенте в исходном файле.
2. Перейти в ячейку [3, 1] таблицы реконструкции записей и прочитать значение, а именно номер строки “2”. Этот номер строки означает значение следующего поля “Фамилия” в записи студента. Значение поля можно найти в позиции “Фамилия” второй строки таблицы значений полей, иными словами, в ячейке [2, 2] таблицы значений полей. Таким образом, можно получить фамилию студента “Кузнецов”.
3. Перейти в ячейку [2, 2] таблицы реконструкции записей и прочитать номер строки “5”. Значение следующего поля “Номер группы” в реконструируемой записи студента находится в ячейке [5, 3]. Таким образом, можно получить номер группы “4305”.
4. Перейти в ячейку [5, 3] таблицы реконструкции записей и прочитать значение “4”. Значение следующего поля “Дата защиты” находится в ячейке [4, 4]. Таким образом, можно получить дату защиты “05.06.2020”.
5. Перейти в ячейку [4, 4] таблицы реконструкции записей и прочитать значение “3”. Может показаться, что значением следующего поля должно быть значение 5, но так как записи студентов имеют только четыре поля, “пятое” поле замыкает цикл и становится первым. Таким образом, значение следующего поля “Дата защиты” находится в ячейке [5, 1]. Так как с этого значения начиналось считывание записей, поэтому весь процесс останавливается.

Приведенная выше последовательность операций приводит к реконструкции одной конкретной записи из файла студентов под номером 5 в табл. 1.1.

Указатели номеров строк, по которым осуществляется переход в приведенном выше примере, образуют кольцо, а фактически образуют два изоморфных кольца: в таблице значений полей и в таблице реконструкции записей. Такие кольца часто называют зигзагами, а алгоритм реконструкции - алгоритмом зигзага.

Формирование таблицы реконструкции записей

Для формирования таблицы реконструкции записей в первую очередь необходимо упорядочить с помощью сортировки исходный файл. В качестве примера рассмотрим исходный файл в табл. 1.1. Для каждого столбца выполним перестановку, соответствующей упорядочению с возрастанием атрибута. В результате получим данные по этим перестановкам, которые приведены в таблице перестановок в табл. 1.4. перестановок, в которой ячейка [i, j] содержит номер в файле студентов той записи, которая присутствует в i-й позиции, если файл отсортирован по возрастанию значений в j-м поле.

Таблица 1.4 - Таблица перестановок

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | №ЗК | Фамилия | Номер группы | Дата защиты |
| 1 | 4 | 1 | 4 | 4 |
| 2 | 3 | 5 | 2 | 3 |
| 3 | 5 | 2 | 1 | 2 |
| 4 | 1 | 4 | 3 | 5 |
| 5 | 2 | 3 | 5 | 1 |

Далее для каждого столбца необходимо выполнить обратную перестановку. Обратной перестановкой a−1 к перестановке a называется такая перестановка, что: (a−1a)i = (aa−1)i = i. Применим это правило к каждой из перестановок и получим следующую таблицу, приведенную в табл. 1.5.

Таблица 1.5 - Таблица обратных перестановок

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | №ЗК | Фамилия | Номер группы | Дата защиты |
| 1 | 4 | 1 | 3 | 5 |

Продолжение таблицы 1.5.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 5 | 3 | 2 | 3 |
| 3 | 2 | 5 | 4 | 2 |
| 4 | 1 | 4 | 1 | 1 |
| 5 | 3 | 2 | 5 | 4 |

Теперь можно приступить к формированию таблицы реконструкций записей. Рассмотрим последовательность действий, описанную ниже:

1. Перейти в ячейку [1,1] таблицы обратных перестановок и считать значение r = “4”. Перейти в ячейку справа [1, 2] и прочитать значение “1”. Перейти в r-ю строку таблицы реконструкции записей, т.е. в 4 строку и поместить туда значение “1” в ячейку [4,1].
2. Перейти в ячейку [2,1] таблицы обратных перестановок и считать значение r = “5”. Перейти в ячейку справа [2, 2] и прочитать значение “3”. Перейти в r-ю строку таблицы реконструкции записей, т.е. в 5 строку и поместить туда значение “3” в ячейку [5,1].
3. Перейти в ячейку [3,1] таблицы обратных перестановок и считать значение r = “2”. Перейти в ячейку справа [3, 2] и прочитать значение “5”. Перейти в r-ю строку таблицы реконструкции записей, т.е. в 2 строку и поместить туда значение “5” в ячейку [2,1].
4. Перейти в ячейку [4,1] таблицы обратных перестановок и считать значение r = “1”. Перейти в ячейку справа [4, 2] и прочитать значение “4”. Перейти в r-ю строку таблицы реконструкции записей, т.е. в 1 строку и поместить туда значение “4” в ячейку [1,1].
5. Перейти в ячейку [5,1] таблицы обратных перестановок и считать значение r = “3”. Перейти в ячейку справа [5, 2] и прочитать значение “2”. Перейти в r-ю строку таблицы реконструкции записей, т.е. в 3 строку и поместить туда значение “2” в ячейку [3,1].

Выполнение всех этих шагов для каждого столбца позволит получить таблицу реконструкции записей, которая приведена выше в табл. 1.3.

Уникальные таблицы

Следует отметить, что приведенная в табл. 1.2. таблица значений полей содержит избыточную информации, например, дата защиты «05.06.2020» встречается два раза. Так как существует как минимум два варианта перестановки для данного столбца, то таблица реконструкции записей также не является уникальной. Применительно к каждому конкретному отношению пользовательского уровня всегда имеются определенные таблицы реконструкции записей, являющиеся «предпочтительными», которые обладают дополнительными полезными свойствами перед другими таблицами реконструкции записей. Составление таких «предпочтительных» таблиц решает проблему не уникальности таблиц реконструкции записей. Для устранения избыточности таблицы значений полей существует метод называемый «сжатые столбцы».

Сжатые столбцы

Идея способа заключается в том, чтобы в таблице значений полей не хранить дублирующие значения в столбце. Для дальнейшего реконструирования первоначальной таблицы необходимо хранить некоторую дополнительную информацию. Один из способов состоит в том, чтобы вместе с каждым значением поля в каждом сжатом столбце таблицы значений полей хранить данные о диапазоне номеров строк в несжатой версии этой таблицы. Таблица реконструкции записей не изменяется. В табл. 1.6. приведена сжатая таблица значений полей с указанием диапазонов строк для вышерассмотренного примера.

Таблица 1.6 – Сжатая таблица значений полей с указанием диапазонов строк

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** |
|  |  | №ЗК | Фамилия | Номер группы | Дата защиты |
| 1 | N123 | Иванов | 4301 | 01.06.2020 **[1:1]** |
| 2 | N221 | Кузнецов | 4302 | 03.06.2020 **[2:2]** |
| 3 | N300 | Петров | 4303 | 05.06.2020 **[3:4]** |
| 4 | N448 | Попов | 4304 | 06.06.2020 **[5:5]** |
| 5 | N554 | Сидоров | 4305 |  |

Можно заметить, что при сжатии таблицы значений полей информация о взаимно однозначном соответствии между ячейками этой таблицы и ячейками таблицы реконструкции записей уничтожается. Поэтому при реконструировании чтение записи будет происходить не из конкретной ячейки таблицы значений полей, соответствующей ячейке из таблицы реконструкции записей, а из ячейки, которая содержит диапазон строк, включающий искомую строку.

Данный метод может быть применен в качестве способа совместного использования значений полей в нескольких записях, но все рассматриваемые записи находятся в одном файле. В случае, когда все рассматриваемые записи могут находиться в одном или в разных файлах, применяется метод «слившиеся столбцы».

Слившиеся столбцы

Основная идея этого способа состоит в том, что разные поля на файловом уровне могут соответствовать одному и тому же столбцу таблицы значений полей на уровне TR, при условии, что все рассматриваемые поля имеют один и тот же тип данных. Данные метод активно используется при реализации таких реляционных операций, как: объединение, пересечение, разность.

Рассмотрим пример таблицы оценок студентов, где в двух столбцах содержится много дублирующей информации. Пример приведен в табл. 1.7.

Таблица 1.7 – Таблица оценок студентов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Фамилия студента | Лабораторные работы | Экзамен |
| Петров | 5 | 5 |
| Кузнецов | 5 | 4 |
| Сидоров | 3 | 4 |
| Иванов | 5 | 5 |
| Попов | 4 | 4 |

Можно заметить, что столбцы «Лабораторные работы» и «Экзамен» имеют один типа данных и дублирующую информацию, после выполнения слияние столбцов получена таблица значений полей, приведенная в табл. 1.8.

Таблица 1.8 – Таблица значения полей после слияния второго и третьего столбца

|  |  |
| --- | --- |
| Фамилия студента | Лабораторные работы + Экзамен |
| Иванов | 3 **[1 : 1] [ : ]** |
| Кузнецов | 4 **[2 : 2] [1 : 3]** |
| Петров | 5 **[3 : 5] [4 : 5]** |
| Попов |  |
| Сидоров |

Первый диапазон строк показывает, в каких строках несжатой таблицы значений полей соответствующая оценка является оценкой за лабораторные работы, а второй диапазон показывает, в каких строках несжатой таблицы значений полей соответствующее значение является оценкой за экзамен.

Таблица реконструкции записей для этого способа не меняется. Разница в процессе реконструирования заключается лишь в том, что для конкретного столбца в таблице реконструкции нужно будет искать значение внутри первого или второго диапазона.

1.5. Выводы

В процессе исследования предметной области рассмотрены основные понятия в области реляционных баз данных, а также изучена модель TransRelational, выявлены преимущества этой модели и подходы к ее программной реализации. Сформулированы задачи, которые необходимо решить для реализации модели TransRelational.

2. Описание разработки

2.1. Алгоритмы преобразования в модель TR

В предыдущем разделе формирование таблиц значений полей и реконструкций записи было рассмотрено на примере. В данном разделе приведено детальное описание алгоритмов, применение которых необходимо для преобразования реляционной модели в модель TransRelational.

Формирование таблицы значений полей

Для каждого столбца значения упорядочиваются по возрастанию.

Формирование таблицы реконструкций записей

1. Каждый столбец сортируется по возрастанию. Формируется таблица перестановок;
2. Для каждого столбца выполняется в таблице перестановок обратная перестановка. В результате появляется таблица обратных перестановок;
3. Для каждого столбца выполняется шаг 4;
4. Для каждой строки выполняется шаг 5;
5. Перейти в ячейку [i, j] таблицы обратных перестановок. Пусть эта ячейка содержит значение r. Кроме того, допустим, что следующая ячейка справа [i, j + 1] содержит значение r1. Перейти в r-ю строку таблицы реконструкций записей и поместить значение r1 в ячейку [r, j].

На рис 2.1 приведена блок-схема данного алгоритма:

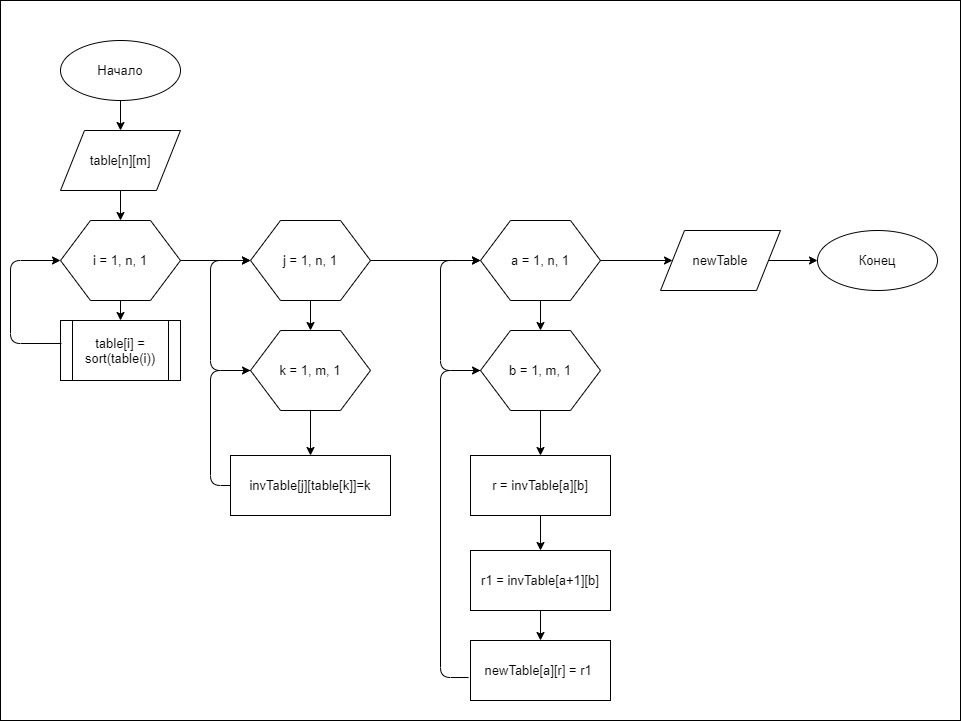


Рисунок 2.1 - блок схема алгоритма формирования таблицы реконструкции

Реконструкция записи (алгоритм зигзага):

1. Допустим, что j – начальный столбец, а [i, j] – стартовая ячейка;
2. Для каждого столбца выполнить шаг 3;
3. Перейти в ячейку [i, j] таблицы реконструкции записей и прочитать номер строки r. Прочитать в таблице значений полей в ячейке [r, j + 1] искомое значение.

2.2. Реализация реляционных операторов

В данном разделе описаны алгоритмы TR для реализации основных реляционных операторов.

Селекция

Поиск конкретного значения с помощью оператора “ =”.

Пример запроса: SELECT \* FROM STUDENTS WHERE STUDENTS.GROUP\_NUMBER = 4303;

В этом случае необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. В таблице значений полей методом бинарного поиска для заданного столбца j определяется стартовая ячейка [i, j];
2. Для каждого столбца выполнить шаг 3;
3. Перейти в ячейку [i, j] таблицы реконструкции записей и прочитать номер строки r. Прочитать в таблице значений полей в ячейке [r, j + 1] искомое значение.

Поиск с помощью оператора “<”.

Пример запроса: SELECT \* FROM STUDENTS WHERE STUDENTS.GROUP\_NUMBER <4303;

В этом случае необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. В таблице значений полей выполнить линейный поиск для заданного столбца.
2. Реконструировать все соответствующие записи, обнаруженный в процессе этого поиска (см. алгоритм зигзага).
3. Остановиться, как только будет достигнута ячейка, содержащая условие.

Для оператора “>” алгоритм будет аналогичен с разницей лишь в том, что линейный поиск будет выполняться в обратном порядке, начиная с последнего значения в заданном столбце.

Поиск с помощью оператора “AND”.

Пример запроса: SELECT \* FROM STUDENTS WHERE STUDENTS.GROUP\_NUMBER = 4303 AND STUDENTS.LAST\_NAME = “Сидоров”;

В этом случае необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Найти с помощью бинарного поиска количество записей для каждого столбца и выбрать тот, который содержит наименьшее количество записей.
2. Для выбранного столбца реконструировать алгоритмом зигзага найденные записи, проверяю в процессе соответствие условия для второго столбца. Если условие не выполняется, то реконструкция записи останавливается.

Поиск с помощью оператора “OR”.

Пример запроса: SELECT \* FROM STUDENTS WHERE STUDENTS.GROUP\_NUMBER = 4303 OR STUDENTS.LAST\_NAME = “Сидоров”;

В этом случае необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Найти с помощью бинарного поиска значение для первого столбца.
2. Реконструировать алгоритмом зигзага найденные записи.
3. Найти с помощью бинарного поиска значение для остальных столбцов.
4. Реконструировать записи, проверяю, что они еще не были реконструированы.

Проекция

Пример запроса: SELECT STUDENTS.GROUP\_NUMBER, STUDENTS.LAST\_NAME FROM STUDENTS;

Для вычисления проекции выполняется следующее:

Для каждой строки выполняется процесс реконструкции, но чтение из таблицы значений полей выполняется только для заданных столбцов, остальные игнорируются.

Декартово произведение

Пример запроса: SELECT STUDENTS.\*, GRADE.\* FROM STUDENTS, RESULTS;

Для реализации Декартова произведения необходимо выполнить следующие действия:

1. Реконструировать все записи первой таблицы.
2. Реконструировать все записи второй таблицы.
3. Для каждой строки первой таблицы выполнить шаг 4.
4. Сцепить строку с каждой строкой из второй таблицы.

Построение Декартово произведения в модели TransRelational требует больше операций чем в реляционной модели и не является оптимальной операцией.

Объединение

Реляционные операторы объединения, пересечения и разности требуют, чтобы два входных отношения имели одинаковые атрибуты.

Пример запроса: SELECT STUDENTS.GROUP\_NUMBER FROM STUDENTS UNION SELECT STUDENTS\_1.GROUP\_NUMBER FROM STUDENTS\_1;

Для реализации объединения необходимо выполнить следующие действия:

1. Реконструировать алгоритмом зигзага все строки из первой таблицы.
2. Реконструировать алгоритмом зигзага все строки из второй таблицы, проверяя что они еще не были реконструированы.

В случае, если для формирования таблицы значений полей использовались методы «сжатые столбцы» и «слившиеся столбцы» необходимо будет только реконструировать все записи.

Если необходимо выполнить объединение и выбрать только один столбец, то реконструкцию записей можно не выполнять.

Пересечение

Пример запроса: SELECT STUDENTS.GROUP\_NUMBER FROM STUDENTS INTERSECT SELECT STUDENTS\_1.GROUP\_NUMBER FROM STUDENTS\_1;

Для реализации пересечения необходимо выполнить следующее:

1. Реконструировать все записи из первой таблицы.
2. Реконструировать все записи из второй таблицы, проверяя, были ли они уже реконструированы. Если да, то добавлять их в результат.

В случае, если для формирования таблицы значений полей использовались методы «сжатые столбцы» и «слившиеся столбцы» необходимо будет реконструировать записи, которые имеют непустой диапазон для двух таблиц одновременно.

Можно сделать вывод, что построение пересечения может быть неоптимальной операцией, в случае если к таблице значений полей не применены методы «сжатые столбцы» и «слившиеся столбцы», и когда нужно выбрать данные из нескольких столбцов.

Разность

Пример запроса: SELECT STUDENTS.GROUP\_NUMBER FROM STUDENTS EXCEPT SELECT STUDENTS\_1.GROUP\_NUMBER FROM STUDENTS\_1;

Для реализации разности необходимо выполнить следующее:

1. Реконструировать все записи таблицы, из которой нужно сделать вычитание.
2. Реконструировать все записи из второй таблицы, проверяя, были ли они уже реконструированы. Если да, то удалять их из результата.

Можно сделать вывод, что операция разности является неоптимальной, в случае если к таблице значений полей не применены методы «сжатые столбцы» и «слившиеся столбцы», и когда нужно выбрать данные из нескольких столбцов.

Соединение

В модели TR соединение выполняется методом сортировки-слияния (Merge Join) [11], т.к. данные в таблице значений полей отсортированы ещё в моменте формирования таблицы. Из этого следует преимущество модели TR в том, что чем больше отношений необходимо соединить, тем больше будет выигрыш в скорости, если сравнивать с системами с непосредственным отображением данных.

Пример запроса: SELECT STUDENTS.NUMBER, STUDENTS.LAST\_NAME, RESULTS.FINAL\_GRADE FROM STUDENTS, RESULTS WHERE STUDENTS.NUMBER = GRADE.STUDENT\_NUMBER;

Для соединения необходимо совершить следующие действия:

1. Последующие шаги выполняются для каждой строки в первой таблице.
2. Для заданного столбца первой таблицы значений полей [i, j] находится значение в другой таблице [i1, j1].
3. Для каждой таблицы реконструируется найденная запись по алгоритму зигзага, начиная с ячеек [i, j] и [i1, j1].
4. Две реконструированные записи объединяются в одну.

2.3. Реализация операций обновления данных

В данном разделе рассматриваются реализация таких операторов языка SQL как INSERT, DELETE, UPDATE в модели TransRelational.

Так как таблица значений полей хранит отсортированные по возрастанию значения, то при вставке новой строки в конец таблицы необходимо будет перестроить таблицу значений полей, а также таблицу реконструкции записей. Этот способ не является оптимальным и ведет к проблемам с производительностью.

Существует один из возможных подходов к реализации вставки нового значения. В этом случае при вставке значения в таблицу значения полей для каждого столбца бинарным поиском находится позиция для нового значения, но при этом таблица реконструкции не перестраивается. Когда запись удаляется из пользовательского файла, физического удаления соответствующего элемента в таблицах значения полей и реконструкции записей не происходит. Эти ячейки помечаются как «удалены логически», их можно затем рассматривать как свободное место в каждой из двух таблиц. При последующей вставке новой записи эти ячейки будут использоваться, таким образом можно избежать полного перестроения таблицы реконструкции записей.

Для случая, когда необходимо вставить новую запись, но при этом ни одна из записей не была удалена до этого, в реализации TR модели при инициализации таблиц резервируются пустые ячейки для последующей вставки.

Перед тем как подробно рассматривать реализацию операции обновления, необходимо рассмотреть алгоритм, который позволяет управлять отмеченными ячейками.

Алгоритм обмена (The swap algorithm)

Основная идея реализации алгоритмов обновления данных в TR модели заключается в том, что ячейки таблиц значений полей и реконструкции могут быть повторно использованы. Т.е. при удалении ячейки помечаются как «свободные», в дальнейшем в них же будут вставляться новые значения.

Зачастую возникает необходимость поменять отмеченные ячейки местами. Алгоритмы обновления предназначены для работы таким образом, чтобы обеспечить постоянное перемещение объекта в настолько малой области, насколько это возможно, с общей целью сохранения как можно более статичных таблиц TR и, таким образом, минимизации накладных расходов.

Если в случае добавления или обновления элемента нет «отмеченной» ячейки необходимо выполнить следующую последовательность действия:

1. Пусть j – текущий номер столбца, fj – новое значение, i – номер строки.
2. Найти ближайшую «отмеченную» ячейку в столбце – [i1, j]. Если вставка в ячейку значения fj сохраняет сортировку, то перейти к шагу 3. Если нет, то выполнить шаг 4.
3. Вставить fj в отмеченную ячейку [i1, j], удалить маркер. Перестроить цепочку для записи в таблице реконструкции.
4. Выполнять шаг 5 до тех пор, пока положение «отмеченной» ячейки не будет подходить для вставки элемента, т.е. будет сохранять сортировку.
5. Если i1 > i, то необходимо найти ближайшее меньшее значение к i1. Если i1 < i, то необходимо найти ближайшее большее значение к i1. Если найденное значение ячейки [i2, j] является уникальным в столбце, то она помечается как «свободное», а для ячейки [i1, j] удаляется маркет и записывается значение ячейки [i2, j]. Перестраиваются цепочки для записей в таблице реконструкции. Если найденное значение ячейки [i2, j] не является уникальным, то в этом случае для обмена выбирается ячейка с таким же значением, но ближняя к ячейке [i, j].

Вставка нового значения

На основании алгоритма обмена можно описать реализацию операции INSERT следующим образом:

1. Пусть r – запись для вставки, а f1, f2, …, fn – поля внутри r.
2. Для каждого j (j = 1, 2, …, n) выполнить шаг 3.
3. Найти в столбце j «отмеченную» ячейку, при вставке в которую сохранится сортировка. Если такая ячейка есть, то элемент вставляется и осуществляется переход к следующему столбцу. Если нет, то выполняется шаг 4.
4. С помощью алгоритма обмена подбирается нужная ячейка для вставки. Вставить элемент и перейти к следующему столбцу.

Удаление значения

Как описано выше удаления записей осуществляется методом пометки ячеек как свободных, без физического удаления.

Таким образом для реализации DELETE необходимо выполнить следующую последовательность действия:

1. С помощью бинарного поиска для заданного столбца в таблице значений полей определяется стартовая ячейка.
2. Алгоритмом зигзага происходит обход и пометка ячеек как свободных в таблицах значений полей и реконструкции записей.

Обновление записи

Для реализации UPDATE необходимо выполнить следующую последовательность действия:

1. Пусть r – запись, а f1, f2, …, fn – поля внутри r, j- номер столбца.
2. По заданному условию определяется с помощью бинарного поиска начальная позиция [i, j].
3. Для каждого j выполнить оставшиеся шаги.
4. Перейти в ячейку [i, j] таблицы реконструкции записей и прочитать номер строки r. Прочитать в таблице значений полей в ячейке [r, j + 1] значение. Если полученное значение совпадает с fj, то перейти к следующему столбцу. Если ячейка была отмечена, то необходимо удалить маркер. Если fj не совпадает с полученным значением, то необходимо fj сравнить с ячейками таблицы значения полей [r - 1, j +1] и [r + 1, j +1]. Если [r - 1, j +1] <= fj <= [r + 1, j +1], перейти к шагу 5. Если нет, то к шагу 6.
5. Заменить значение ячейки [r, j + 1] таблицы значений полей на fj и перейти к следующему столбцу. Если ячейка была отмечена, то необходимо удалить маркер.
6. Для вставки нового значения необходимо выполнить алгоритм обмена, который был описан выше.

Стоит отметить, что операция UPDATE может быть логически представлена как операция DELETE, за которой следует INSERT.

2.4. Сценарии использования

Учитывая функциональные требования к программе, была разработана диаграмма сценариев использования, представленная рис.2.2.

Данная диаграмма описывает следующие варианты использования:

Импорт данных в формате SQL:

* Пользователь вводит команду для импорта «import file\_name;», где file\_name - путь к файлу формата SQL.
* Пользователь видит созданные и выведенные на экране таблицы TR, а именно: таблицу значения полей и таблицу реконструкции.

Просмотр таблицы значений полей:

* Пользователь вводит команду «show FVT table\_name;», где table\_name – название таблицы значений полей.
* Пользователь видит на экране выведенную таблицу значений полей.

Просмотр таблицы реконструкции записей:

* Пользователь вводит команду «show RRT table\_name;», где table\_name – название таблицы реконструкции записей.
* Пользователь видит на экране выведенную таблицу реконструкции записей.

Операция INSERT:

* Пользователь вводит команду «INSERT INTO table\_name VALUES (value1, value2, value3, ...);», где table\_name – название таблицы.
* Пользователь получает сообщение на экране об успешной записи.

Операция DELETE:

* Пользователь вводит команду «DELETE FROM table\_name WHERE condition;», где table\_name – название таблицы, а condition – условие с оператором «=».
* Пользователь получает сообщение на экране об успешном удалении записи.

Операция UPDATE:

* Пользователь вводит команду «UPDATE table\_name SET column1 = value1, column2 = value2, ...WHERE condition;», где table\_name – название таблицы, а condition – условие с оператором «=».
* Пользователь получает сообщение на экране об успешном изменении записи.

Выборка данных с заданными столбцами:

* Пользователь вводит команду «SELECT column1, column2 … FROM table\_name;», где table\_name – название таблицы, а column1, column2 – заданные столбцы для выборки.
* Пользователь видит на экране результат выборки в виде таблицы.

Выборка данных с помощью оператора WHERE:

* Пользователь вводит команду «SELECT \* FROM table\_name WHERE condition;», где table\_name – название таблицы, а condition – условие с операторами: «=», «<=», «>=», «<», «>».
* Пользователь видит на экране результат выборки в виде таблицы.

Выборка данных с помощью оператора INNER JOIN:

* Пользователь вводит команду «SELECT \* FROM table\_name1 INNER JOIN table\_name2 ON table1.column\_name = table2.column\_name;», где table\_name1 и table\_name2– названия таблиц, а column\_name – название столбца.
* Пользователь видит на экране результат выборки в виде таблицы.

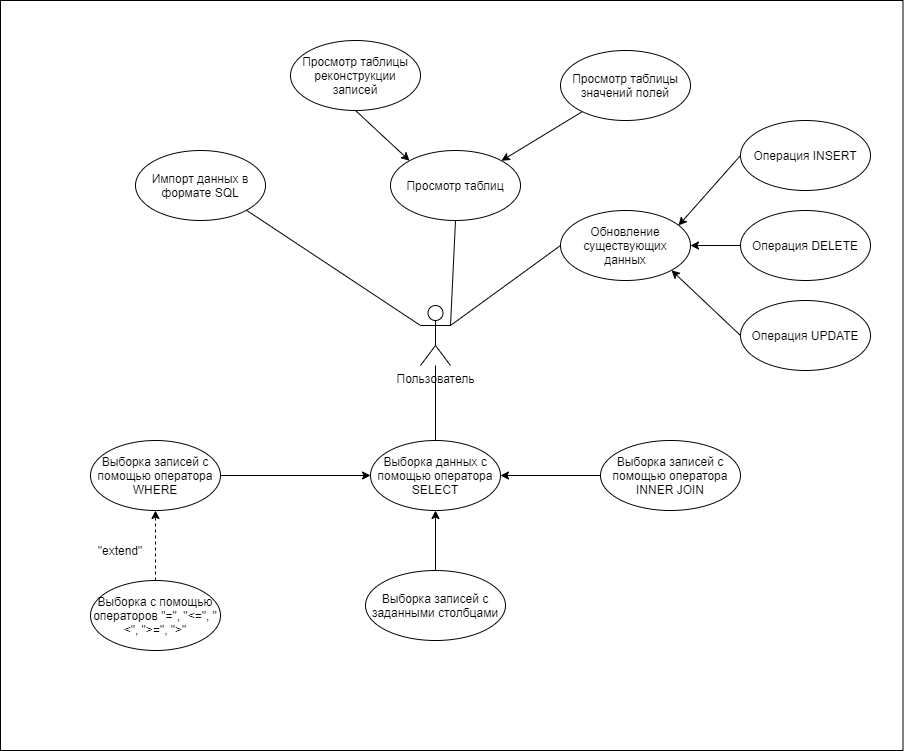


Рисунок 2.2 – Сценарии использования

2.5. Архитектура решения

Так как основные задачи данной работы заключаются в реализации алгоритмов преобразования реляционной модели в модель TransRelational, реляционных операторов и доступа к данным, было принято решение разработать консольное приложение, которое обрабатывает определенные команды пользователя. По той же причине решено хранить данные в оперативной памяти, без записи на диск. Хранение данных на диске является самостоятельной задачей, выходящей за рамки данной работы.

На рисунке 2.3 представлена спроектированная архитектура.

Рассмотрим более подробно слои и компоненты предложенной архитектуры.

Слой клиента

Данный уровень отвечает за взаимодействия пользователя с текстовым интерфейсом. Главная функция интерфейса заключается в представлении задач и результатов, понятных пользователю. На этом уровне происходит обработка команд пользователя и распределение их по компонентам следующего уровня.

Слой компонентов

На данном уровне происходят операции по импортированию данных в модель TR, управлению созданными таблицами TR, выборке данных в соответствии с запросом пользователя, а также добавление, изменение и удаление данных.

Компонент вывода таблиц TR отвечает за получение таблиц значения полей и реконструкции записей из хранилища и отображение пользователю.

Компонент импорта отвечает за преобразование поступивших данных в формате SQL в модель TR. После чтения и анализа файла происходит формирование таблиц значений полей и реконструкции записей, сохранение таблиц в хранилище данных и вывод созданных таблиц пользователю.

Компонент выборки данных отвечает за обработку оператора запроса SELECT в языке SQL. В данном компоненте анализируется команда и в соответствии с заданной командой происходит чтение из хранилища данных.

Компонент изменения данных отвечает за обработку следующих операторов SQL: INSERT, DELETE и UPDATE. Т.е. в этом компоненте происходит добавление, удаление или изменение записи. В соответствии с запросом происходит обновление в хранилище данных.

Слой данных

Данный уровень представляет из себя структуру данных, которая хранит таблицы TR: значений полей и реконструкции записей. В этих таблицах содержатся данные пользователя. Архитектура слоя данных может быть значительно расширена при выборе реализации с записью данных на диск.

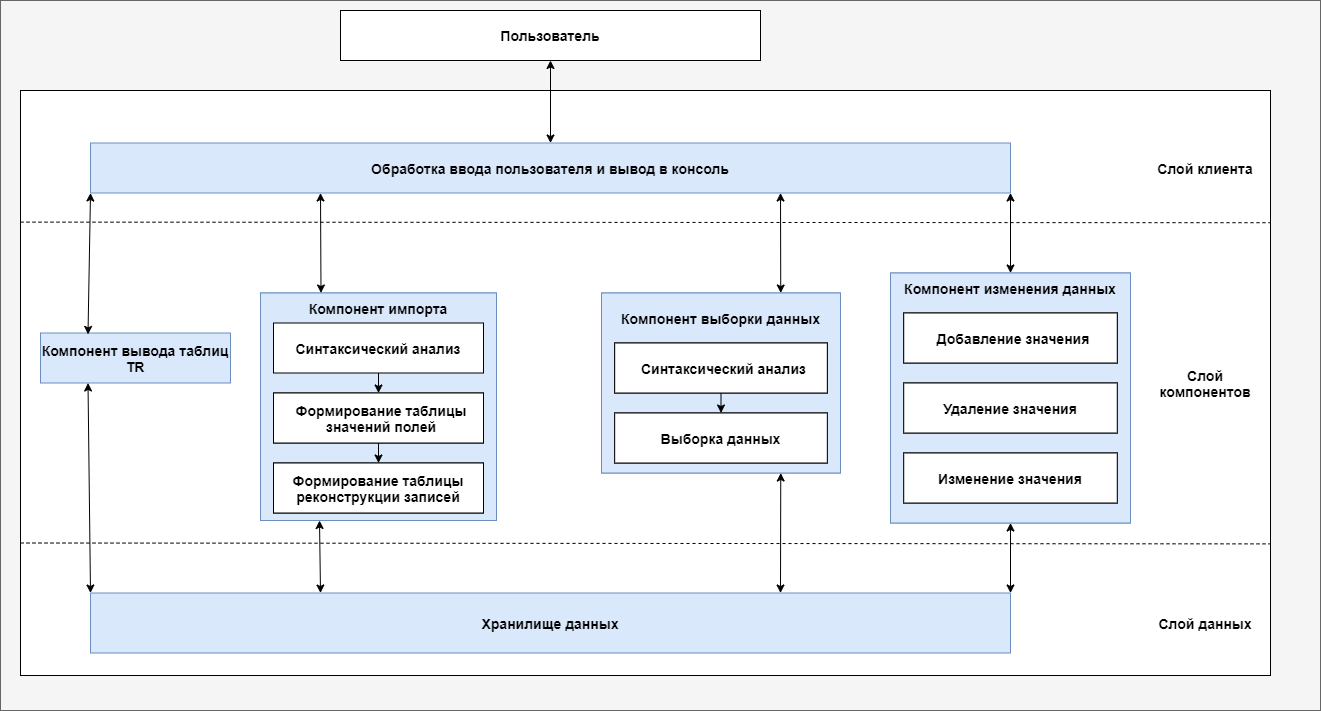


Рисунок 2.3 – Архитектура приложения

2.6 Выводы

В результате проектирования приложения были пошагово описаны алгоритмы преобразования в TR модель, реализации реляционных операторов, операций изменения данных. Выявлено, что следующие реляционные операторы: селекция, проекция, соединение являются наиболее оптимизированными в TR модели и показывают её преимущества. Также выявлено, что операции обновления и удаления значений могут быть эффективно реализовано в TR модели.

Разработана основные сценарии использования, архитектура приложения.

3. Результаты разработки

3.1. Структура программной реализации.

При разработке приложения предлагается использовать язык программирования Java, который хорошо приспособлен для работы с консолью, файлами, а также содержит встроенную реализацию некоторых алгоритмов поиска, например, реализацию бинарного поиска, который используется при выборке данных в TR модели.

В соответствии с разработанной архитектурой и сценариями использования была разработана программа, позволяющая осуществить преобразование стандартной реляционной модели в модель TR, а также предоставляющая возможность получения и обновления данных из таблиц описанной модели. В программе выделяются четыре основных компонента в слое компонентов: «компонент вывода таблиц TR», «компонент импорта», «компонент выборки данных», «компонент изменения данных». Ниже приведены табл. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, в которых описаны основные классы и методы для компонентов: «компонент вывода таблиц TR», «компонент импорта», «компонент выборки данных», «компонент изменения данных» соответственно. В данных таблицах представлен не весь список классов и методов.

Таблица 3.1 – Компонент вывода таблиц TR

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название класса | Метод | Описание метода |
| PrintTablesService | printRecordReconstructionTable  (String tableName) | Находит по имени таблицу реконструкций записей и выводит в консоль |
| printFieldValuesTable  (String tableName) | Находит по имени таблицу значений полей и выводит в консоль |

Таблица 3.2 – Компонент импорта

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название класса | Метод | Описание метода |
| ImportService | createModelFromImport(String fileName) | Читает данные из файла, анализирует, вызывает методы для создания таблицы значения полей и таблицы реконструкции записей. Возвращаемый тип - void. |
| ImportToFVTable | convertToFieldValuesTable(Table relationalTable) | Сортирует по возрастанию значения каждого столбца входящей таблицы, в результате преобразование в хранилище данных добавляется новая таблица значения полей. |
| ImportToRRTable | convertToRecordReconstructionTable  (Table sortedRelationalTable) | На вход подается таблица значений полей. Формирует таблицу реконструкций записей и добавляет ее в хранилище данных. |
| getInversePermutation(int[] permutation) | Вычисляет обратную перестановку. |
| buildRRColumnsFromInversePermutationColumns(List<RecordReconstructionColumn> inversePermutationColumns) | Возвращает столбцы таблицы реконструкции записей, вычисленных из обратных перестановок. |

Таблица 3.3 – Компонент выборки данных

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название класса | Метод | Описание метода |
| SelectByValue  Service | selectByEqualOperator  (String tableName, String columnName, String value) | Возвращает все найденные записи, равные заданному значению. |
| selectByGreaterThanOperator  (String tableName, String columnName, String value, boolean orEqual) | Возвращает все найденные записи, которые больше заданного значения. |
| selectByLessThanOperator (String tableName, String columnName, String value, boolean orEqual) | Возвращает все найденные записи, которые меньше заданного значения. |

Продолжение таблицы 3.3.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SelectByValue  Service | getRowByValueAndColumnName(String columnName, String value) | Осуществляет бинарный поиск для заданного значения и реконструирует строку. |
| SelectByColumns  Service | selectByColumnNames(String tableName, List<String> columnNames) | Возвращает все реконструированные записи для но только для заданных столбцов, остальные игнорируются. |
| JoinService | innerJoinByColumnName(String tableName1, String tableName2, String matchedColumnName) | Соединяет две таблицы методом merge join и возвращает новую реконструированную таблицу. |
| mergeJoin(Table fieldValuesTable1, Table fieldValuesTable2, int columnId) | Находит общие элементы в двух таблицах значений полей и возвращает пары, состоящие из индекса строк. |

Таблица 3.4 – Компонент изменения данных

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название класса | Метод | Описание метода |
| DeleteData |  |  |
| InsertData |  |  |
| UpdateData |  |  |

3.2. Результаты работы алгоритмов

Замер времени выполнения происходит с помощью метода nanoTime() из класса java.lang.System. Этот метод возвращает время в наносекундах. Замер происходит следующим образом: в начале метода, реализующего алгоритм, ставится первая метка времени, другая метка возвращается в конце метода. Прошедшее время — это разница между этими двумя значениями, код приведен ниже [12].

long start = System.nanoTime();

// ...

long finish = System.nanoTime();

long timeElapsed = finish - start;

Замеряется только скорость работы алгоритма при различных входных данных, без операций ввода-вывода.

Формирование таблицы значений полей

В табл. 3.5 представлены результаты выполнения метода convertToFieldValuesTable(Table relationalTable), который отвечает за формирование таблицы значений полей.

Таблица 3.5 – Скорость выполнения операции «формирование таблицы значений полей»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Количество столбцов в таблице*** | ***Количество строк в каждом столбце*** | ***Время выполнения, мс*** |
| 5 | 1000 | 5 |
| 10000 | 36 |
| 100000 | 396 |
| 1000000 | 5887 |
| 10 | 1000 | 10 |
| 10000 | 70 |
| 100000 | 745 |
| 1000000 | 11367 |

Анализируя полученные данные, можно заметить, что при увеличении строк и столбцов формирование таблицы происходит дольше. Можно уменьшить время выполнения метода, если его распараллелить.

Формирование таблицы реконструкции записей

В табл. 3.6 представлены результаты выполнения метода convertToRecordReconstructionTable(Table sortedRelationalTable), который отвечает за формирование таблицы реконструкции записей.

Таблица 3.6 – Скорость выполнения операции «формирование таблицы реконструкции записей»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Количество столбцов в таблице*** | ***Количество строк в каждом столбце*** | ***Время выполнения, мс*** |
| 5 | 1000 | 2 |
| 10000 | 8 |
| 100000 | 28 |
| 1000000 | 146 |
| 10 | 1000 | 5 |
| 10000 | 12 |
| 100000 | 55 |
| 1000000 | 448 |

Анализируя полученные данные, можно заметить, что при увеличении строк и столбцов формирование таблицы происходит дольше, но незначительно. Таким образом, преобразование реляционной таблицы, содержащей 10 столбцов с 1000000 записями, в таблицы TR займет примерно 11815мс, не учитывая время, занимаемое на чтение данных из файла.

Выборка данных

Проведем замер скорости для поиска одной записи в таблицах и ее реконструкции. В качестве значения для поиска выбирается значение из середины списка.

В табл. 3.7 представлены результаты выполнения метода selectByEqualOperator(String tableName, String columnName, String value).

Таблица 3.7 – Скорость выполнения поиска одной записи.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Количество столбцов в таблице*** | ***Количество строк в каждом столбце*** | ***Порядковый номер значения в таблице значений полей*** | ***Время выполнения, мс*** |
| 5 | 1000 | 500 | 0,9 |
| 10000 | 5000 | 1 |
| 100000 | 50000 | 1 |
| 1000000 | 500000 | 1,1 |
| 10 | 1000 | 500 | 0,9 |
| 10000 | 5000 | 1 |
| 100000 | 50000 | 1,1 |
| 1000000 | 500000 | 1,3 |

Можно заметить, что время поиска практически не меняется при увеличении количества строк в столбце.

В табл. 3.8 представлены результаты выполнения метода selectByLessThanOperator (String tableName, String columnName, String value, boolean orEqual). В качестве значения для поиска в проведенных экспериментах задается значение из середины таблицы значений полей. Соответственно, количество реконструируемых записей будет в два раза меньше всего количества записей в таблице.

Таблица 3.8 – Скорость выполнения выборки записей, которые меньше указанного значения.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Количество столбцов в таблице*** | ***Количество строк в каждом столбце*** | ***Количество реконструируемых записей*** | ***Время выполнения, мс*** |
| 5 | 1000 | 499 | 4 |
| 10000 | 4999 | 9 |

Продолжение таблицы 3.8.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 100000 | 49999 | 63 |
| 1000000 | 499999 | 599 |
| 10 | 1000 | 499 | 4 |
| 10000 | 4999 | 13 |
| 100000 | 49999 | 104 |
| 1000000 | 499999 | 826 |

При увеличении количества строк в таблице, а соответственно, и количество реконструируемых строк увеличивается время выполнения работы алгоритма. Для улучшения результатов метод также может быть распараллелен, но с использованием синхронизации.

В табл. 3.9 представлены результаты выполнения метода innerJoinByColumnName(String tableName1, String tableName2, String matchedColumnName). Для проведения эксперимента рассматривались две таблицы с одинаковых количеством строк и столбцов. Заданный столбец является взаимно однозначным к столбцу другой таблицы. Соответственно, количество реконструируемых записей будет равно количеству записей в таблице.

Таблица 3.9 – Скорость выполнения соединения двух таблиц

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Количество столбцов в таблицах*** | ***Количество строк в каждом столбце таблиц*** | ***Время выполнения, мс*** |
| 5 | 1000 | 7 |
| 10000 | 26 |
| 100000 | 253 |
| 1000000 | 2198 |
| 10 | 1000 | 8 |
| 10000 | 45 |
| 100000 | 571 |
| 1000000 | 4767 |

Можно сделать вывод, что при увеличении количества реконструированных записей увеличивается время выполнения алгоритма. Можно улучшить данный алгоритм за счёт использования параллельного программирования. Так как все данные отсортированы на этапе создания таблицы, то сложность алгоритма поиска общих элементов в двух таблицах будет линейной O(M+N). Если же данные были бы не отсортированы, то их нужно было бы отсортировать. Из-за этого временная сложность возросла бы до O(M log M + N log N), также появились бы дополнительные требования к памяти.

3.3. Тестирование

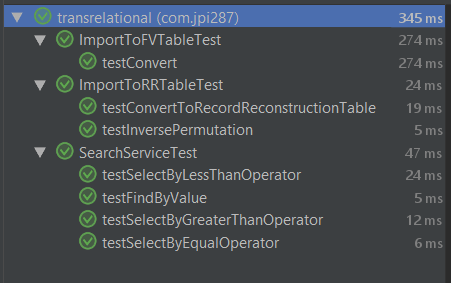
Тестирование ПО – проверка соответствия между реальным и ожидаемым поведением программы, осуществляемая на конечном наборе тестов, выбранном определенным образом [13].

Целью тестирования ПО является повышение вероятности того, что проверяемое приложение будет работать корректно при любых обстоятельствах. Также тестирование позволяет узнать, соответствует ли приложение всем указанным требованиям.

При разработке программы было использовано модульное тестирование, которое позволило проверить работоспособность каждого из основных методов отдельно. Используя библиотеку JUnit [14] на языке Java, были разработаны и проведены следующие тесты:

* Создание таблицы значений полей;
* Создание таблицы реконструкций записей;
* Получение обратной перестановки;
* Выборка полей по заданному условию с операторами: «=», «<=», «<», «>=», «>».
* РАСШИРИТЬ

Результаты тестирования и затраченное время представлены на рис. 3.15.



Подпись рисунка

Была определена степень покрытия тестами в размере 61%.

Также программа прошла ручное функциональное тестирование, которое позволило проверить выполнение поставленных задач.

Ошибки, найденные в ходе тестирования, были исправлены.

3.4 Выводы

В данном разделе приведены результаты разработки алгоритмов преобразования реляционной модели в модель TransRelational, алгоритмов доступа к БД. Рассмотрены основные разработанные методы программы, проведен замер скорости разработанных алгоритмов. Приведены результаты тестирования разработанной программы.

4. ОЦЕНКА И ЗАЩИТА РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1. Понятие интеллектуальной собственности

Согласно статье 1225 Гражданского кодекса Российской Федерации [15] интеллектуальная собственность – это охраняемые законом результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации. Результатами интеллектуальной деятельности и приравненными к ним средства индивидуализации юридических лиц, товаров, работ, услуг и предприятий, которым предоставляется правовая охрана.

4.2. Результаты интеллектуальной деятельности и их характеристика

Объекты интеллектуальной собственности разделяются на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации. В соответствии с Гражданским кодексом Российской федерации объектами интеллектуальной собственности являются [15]:

1. произведения науки, литературы и искусства;
2. программы для электронных вычислительных машин (программы для ЭВМ);
3. базы данных;
4. исполнения;
5. фонограммы;
6. сообщение в эфир или по кабелю радио- или телепередач (вещание организаций эфирного или кабельного вещания);
7. изобретения;
8. полезные модели;
9. промышленные образцы;
10. селекционные достижения;
11. топологии интегральных микросхем;
12. секреты производства (ноу-хау);
13. фирменные наименования;
14. товарные знаки и знаки обслуживания;
15. наименования мест происхождения товаров;
16. коммерческие обозначения.

Права на *произведения науки, литературы и искусства* являются авторскими правами независимо от достоинств и назначения произведения, а также от способа его выражения ([15], статья 1255).

Авторские права на все виды *программ для ЭВМ* (в том числе на операционные системы и программные комплексы) охраняются также, как и произведения литературы. Программой для ЭВМ является представленная в объективной форме совокупность данных и команд, предназначенных для функционирования ЭВМ и других компьютерных устройств в целях получения определенного результата, включая подготовительные материалы, полученные в ходе разработки программы для ЭВМ, и порождаемые ею аудиовизуальные отображения ([15], статья 1261).

*Базами данных* являются совокупности материалов, которые систематизированы таким образом, чтобы эти материалы могли быть найдены и обработаны с помощью ЭВМ. Изготовителем базы данных признается лицо, организовавшее создание базы данных и работу по сбору, обработке и расположению составляющих ее материалов ([15], статья 1333).

К *исполнениям* относят постановки режиссеров-постановщиков спектаклей и исполнения артистов-исполнителей и дирижеров, если данные исполнения предоставляются в форме, допускающей воспроизведение и распространение с помощью технических средств ([15], статья 1304).

*Фонограммами* являются звуковые записи исполнений или иных звуков. Фонограммы являются объектами смежных прав.

*Сообщение в эфир или по кабелю радио- или телепередач* является совокупностью звуков и/или изображений или их отображений, распространяемых по кабелю или в эфире.

Исполнения, фонограммы и сообщения в эфир или по кабелю радио- или телепередач являются объектами смежных прав.

*Изобретением* является техническое решение в любой области, относящееся к продукту или способу, в том числе к применению продукта или способа по определенному назначению. Изобретению предоставляется правовая охрана, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо ([15], статья 1350).

В качестве *полезной модели* охраняется техническое решение, относящееся к устройству. Полезной модели предоставляется правовая охрана, если она является новой и промышленно применимой ([15], статья 1351).

В качестве *промышленного образца* охраняется решение внешнего вида изделия промышленного или кустарно-ремесленного производства ([15], статья 1352).

Изобретения, полезные модели и промышленные образцы являются объектами патентного права.

В качестве *селекционных достижений* рассматриваются породы животных и сорта растений, зарегистрированные в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений ([15], статья 1353).

*Топологией интегральной микросхемы* является зафиксированное на материальном носителе пространственно-геометрическое расположение совокупности элементов интегральной микросхемы и связей между ними ([15], статья 1448).

*Секреты производства (ноу-хау)* - сведения любого характера (производственные, технические, экономические, организационные и др.), в том числе о результатах интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, а также сведения о способах осуществления профессиональной деятельности ([15], статья 1465).

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрены и реализованы алгоритмы, которые используются при преобразовании реляционной модели баз данных в модель TransRelational, а также алгоритмы взаимодействия с данными модели. Были разработаны архитектура, сценарии использования системы, совокупность данных и команд, предназначенных для функционирования ЭВМ. Соответственно, результатом интеллектуальной деятельности, полученным при выполнении выпускной квалификационной работы, является программа для ЭВМ.

Правовая охрана программ для ЭВМ обеспечивается авторским правом. Авторство и имя автора охраняются бессрочно. Исключительное право на программу для ЭВМ, полученную в ходе подготовки выпускной квалификационной работы, действует в течение всей жизни автора и семидесяти лет, считая с 1 января года, следующего за годом смерти автора ([15], статья 1281). Также программа для ЭВМ может быть защищена патентным законодательством.

4.3. Нормативно-правовое акты, регулирующие вопросы защиты результатов интеллектуальной деятельности

Основными нормативно-правовыми актами, регулирующими вопросы защиты интеллектуальной деятельности в Российской Федерации, являются:

* Международные конвенции, соглашения и договоры;
* Конституция Российской Федерации от 12.12.1993 [16];

Конституция Российской Федерации содержит статью, где каждому гражданину гарантируется свобода литературного, художественного, научного, технического и других видов творчества, преподавания. Также сказано, что интеллектуальная собственность охраняется законом ([16], статья 44).

* Гражданский кодекс Российской Федерации. (Часть четвертая) от 18.12.2006, № 230-ФЗ;

Четвертая часть Гражданского кодекса Российской Федерации содержит статьи, которые регулируют вопросы авторского и смежного прав, и статьи, которые содержат сроки действия различных исключительных прав на изобретения, произведения и т.д. Также четвертая часть Гражданского кодекса регулирует права изготовителей программ для ЭВМ, баз данных, топологий интегральных микросхем, права владельцев промышленных образцов, товарных знаков и других объектов интеллектуальной собственности, а также содержит вопросы регистрации данных объектов интеллектуальной деятельности.

* Постановление Правительства Российской Федерации от 24.12.2015 года № 1416 «О государственной регистрации распоряжения исключительным правом на изобретение, полезную модель, промышленный образец, товарный знак, знак обслуживания, зарегистрированные топологию интегральной микросхемы, программу для ЭВМ, базу данных по договору и перехода исключительного права на указанные результаты интеллектуальной деятельности без договора»;

Данный документ устанавливает порядок государственной регистрации:

1) отчуждения исключительного права на изобретения, промышленный образец, товарный знак, зарегистрированную программу для ЭВМ, топологию интегральной микросхемы, базу данных по договору. Также данный документ устанавливает порядок залога исключительного права и предоставление права использования на изобретение, знак обслуживания, промышленный образец, товарный знак, зарегистрированную топологию интегральной микросхемы по договору;

2) перехода исключительного права на изобретение, полезную модель, знак обслуживания, товарный знак, зарегистрированную программу для ЭВМ, базу данных без договора.

* Приказ Минэкономразвития России от 08.04.2015 № 209 «Об утверждении Административного регламента исполнения Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной функции по осуществлению контроля и надзора в сфере правовой охраны и использования результатов интеллектуальной деятельности гражданского назначения, созданных за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета, а также контроля и надзора в установленной сфере деятельности в отношении государственных заказчиков и организаций-исполнителей государственных контрактов, предусматривающих проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ»;

Приказ является административным регламентом исполнения Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной функции по осуществлению контроля и надзора в сфере правовой охраны и использования результатов деятельности гражданского назначения, созданных за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета, а также контроля и надзора в установленной сфере деятельности в отношении государственных заказчиков и организаций-исполнителей государственных контрактов. Определяет порядок, сроки и последовательность административных процедур Федеральной службы по интеллектуальной собственности при осуществлении контроля и надзора в сфере правовой охраны и использования результатов интеллектуальной деятельности гражданского назначения, а также контроля и надзора в установленной сфере деятельности в отношении государственных заказчиков и организаций-исполнителей государственных контрактов, предусматривающих проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ [17].

* Приказ Министерства экономического развития России от 21.08.2015 № 579 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по публикации решений судов о допущенных нарушениях исключительных прав»;

Приказ является регламентом предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по публикации решений судов о допущенных нарушениях исключительных прав, регулирует отношения, связанные с предоставлением государственной услуги Федеральной службой по интеллектуальной собственности [18].

* Приказ Министерства экономического развития России от 28.08.2015. № 611 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по внесению изменений в реестры программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем, а также в свидетельства о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин, базы данных, топологии интегральной микросхемы»;

Приказ является административным регламентом предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по внесению изменений в реестры программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем, а также в свидетельства о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин, базы данных, топологии интегральной микросхемы регулирует отношения, связанные с предоставлением государственной услуги Федеральной службой по интеллектуальной собственности [19].

* Приказ Министерства экономического развития России от 28.08.2015. № 611 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по внесению изменений в реестры программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем, а также в свидетельства о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин, базы данных, топологии интегральной микросхемы»;

Приказ является административным регламентом предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по внесению изменений в государственные реестры изобретений, полезных моделей, промышленных образцов Российской Федерации, а также в патенты на изобретение, полезную модель, промышленный образец регулирует отношения, связанные с предоставлением государственной услуги Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатентом) [20].

* Приказ Минэкономразвития России от 3.11.2015 № 812 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по восстановлению действия патента на изобретение, полезную модель или промышленный образец»;

Приказ является административным регламентом предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по восстановлению действия патента на изобретение, полезную модель или промышленный образец регулирует отношения, связанные с предоставлением Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатентом) государственной услуги [21].

* Приказ Министерства экономического развития РФ от 05.04.2016 №210 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин или базы данных и выдаче свидетельств о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин или базы данных, их дубликатов».

Приказ является административным регламентом предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин или базы данных и выдаче свидетельств о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин или базы данных, их дубликатов определяет стандарт предоставления государственной услуги и устанавливает сроки и последовательность административных процедур (действий) Федеральной службы по интеллектуальной собственности при предоставлении государственной услуги [22].

4.4. Описание процедуры подачи заявки на регистрацию объектов интеллектуальной деятельности

На подготовительном этапе подачи заявки на регистрацию объектов интеллектуальной собственности, полученных в ходе выполнения выпускной квалификационной работы, производится формализация первичного описания объекта патентования. Подготавливаются материалы описания программной системы, позволяющей преобразовать реляционную модели баз данных в модель TransRelational.

На втором этапе подготовки выполняется патентно-информационный поиск, который предполагает поиск ближайших аналогов. Выводы, полученные на данном этапе, содержат сведения о соответствии заявляемого технического решения требованиям новизны.

На следующем этапе идет подготовка пакета документов для подачи в Роспатент. К подготавливаемым документам относятся [23]:

* заявление о государственной регистрации программы для ЭВМ с указанием правообладателя и автора;
* депонируемые материалы, идентифицирующие программу для ЭВМ, включая реферат. Материалы представляются в ходе исходного текста на языке программирования, на котором написана выпускная квалификационная работа, а также содержат материалы, которые были получены в ходе разработки данной системы такие, как архитектура, сценарии использования и разработанные алгоритмы, которые используются при преобразовании реляционной модели баз данных в модель TransRelational и при взаимодействии с данными модели.
* подтверждение согласия на обработку персональных данных субъектов персональных данных, указанных в заявлении о государственной регистрации программы для ЭВМ;
* документ, подтверждающий согласие автора на указание сведений об авторе, указанных в заявлении;
* Доверенность, подтверждающая полномочия представителя заявителя.

После подготовки документов требуется оплатить пошлину за государственную регистрацию в размере 3000 рублей для физического лица.

На следующем этапе происходит подача документов в Роспатент.

Роспатент в течение 62 рабочих дней осуществляет прием и регистрацию заявки, проверку уплаты государственной пошлины и соответствия заявки установленным законодательством Российской Федерации требованиям, внесение программы для ЭВМ или базы данных в соответствующий Реестр, направление (выдача) свидетельства, публикация сведений о зарегистрированной программе для ЭВМ или базы данных в официальном бюллетене Роспатента.

4.5. Проведение анализа возможного использования разработанного в рамках ВКР объекта интеллектуальной деятельности и рынка товаров, работ, услуг, которые могут производиться и реализовываться с его использованием

Объект интеллектуальной деятельности, разработанный в рамках выпускной квалификационной работы, относится к программам для ЭВМ, которые способны манипулировать данными (вставлять, обновлять, удалять и выбирать), и может быть использован в сфере информационных технологий при разработке продуктов, использующие базы данных. Особенно эффективно объект интеллектуальной деятельности может быть применен в системах, производящую частую выборку большого количества данных.

Предоставляемый продукт является виртуальным продуктом, поэтому никаких специальных помещений и оборудования для его изготовления не требуется.

Характеристики и перечень необходимого оборудования представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 - Перечень необходимого оборудования

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименова-ние | Способ получения | Стоимость без НДС, тыс. р. | Стоимость, вкл. НДС, тыс. р. | Сумма НДС, тыс. р. | Период полу-  чения |
| 1. | Ноутбук | Покупка | 83.33 | 100 | 16.67 | - |
| 2. | Сервер | Аренда | 66.67 | 80 | 13.33 | 1 год |
|  | Всего |  | 150 | 180 | 30 |  |

Объект интеллектуальной деятельности является готовым продуктом, поэтому не требует привлечения работников для разработки. Для поддержи работы системы, а также для консультирования клиентов планируется вовлечь 1 работника. По данным сайта sankt-peterburg.trud.com (<http://sankt-peterburg.trud.com/salary/865/3670.html>) средняя заработная плата инженера в Санкт-Петербурге составляет 50000 рублей [24]. Итого на заработную плату сотрудника уйдет: 1 \* 50000 \* 12 = 600000.

Ноутбук приобретаются на 5 лет для работы сотрудника стоимостью 100000 руб. Покупка ноутбука является первоначальной инвестицией. Амортизационные отчисления составят 100000/5 = 20000 руб.

Предполагаются расходы на рекламу в интернете в размере 60 тыс. р.

Норматив дополнительной заработной платы в рамках данной работы принимается равным 12%.

Норматив отчислений на страховые взносы на обязательное социальное, пенсионное и медицинское страхование в рамках данной работы принимается равным 30%.

Основные статьи калькуляции приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 - Основные статьи калькуляции

|  |  |
| --- | --- |
| Статьи расходов | Сумма за год, тыс. р. |
| Основная заработная плата работников, тыс. р. | 600 |
| Дополнительная заработная плата работников, тыс.р. | 72 |
| Отчисления во внебюджетные фонды на обязательное социальное, пенсионное и медицинское страхование, тыс.р | 201,6 |
| Арендная плата за сервер, тыс. р. | 80 |
| Амортизационные отчисления ноутбука, тыс. р. | 20 |
| Расходы на рекламу, тыс. р. | 60 |
| Всего, тыс. р. | 1033,6 |

По результатам анализа рынка можно сделать вывод, что в среднем цены аналогов составляют 130000 руб. за стандартную подписку в год. Установим стоимость покупки подписки на продукт разработки равной 20000 руб. в год, что значительно ниже цен конкурентов. Прогнозируется продавать 10 подписок в месяц.

План прибылей и убытков представлен в табл. 4.3.

Таблица 4.3 - План прибылей и убытков

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Квартал | | | | Всего |
| I | II | III | IV |
| Выручка от реализации, тыс. р. | 600 | 600 | 600 | 600 | 2400 |
| Расходы, тыс. р. | 258,4 | 258,4 | 258,4 | 258,4 | 1033,6 |
| Налогооблагаемая прибыль, тыс. р. | 341,6 | 341,6 | 341,6 | 341,6 | 1366,4 |
| Налог на прибыль – 20%, тыс. р. | 68,32 | 68,32 | 68,32 | 68,32 | 273,28 |
| Чистая прибыль, тыс. р. | 273,28 | 273,28 | 273,28 | 273,28 | 1093,12 |

Таким образом, прогнозная величина возможного чистого годового дохода от использования объекта интеллектуальной собственности составит 1093,12 тыс. руб.

4.6. Рыночная стоимость объекта оценки

Рыночная стоимость объекта оценки определяется по формуле [25] (4.1):

(4.1)

где:

– текущая стоимость будущих доходов (рыночная стоимость объекта оценки);

– прогнозируемый годовой чистый доход;

– коэффициент капитализации, определяемый как разница между ставкой дисконтирования и прогнозным приростом дохода *g*.

Прогнозный прирост дохода (равный текущему уровню инфляции) равен 3,1%.

Ставка дисконтирования может быть рассчитана по формуле (4.2).

(4.2)

где:

– ставка дисконтирования;

– ключевая ставка Центрального Банка Российской Федерации;

– риск внедрения в производство товаров/услуг;

– риск неудачного продвижения продукта (товара/услуг) на рынок;

– риск низкой влиятельности при распределении совокупных выгод от реализации товара/услуг;

– риск высоких расходов, неэффективных инвестиций.

Ключевая ставка Центрального Банка Российской Федерации равна 5.5% на 13.05.2020.

Расчет риска внедрения в производство товаров/услуг представлен в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Расчет риска внедрения в производство товаров/услуг

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Риск*** | ***Значение*** | ***Уровень риска, %*** |
| Известность имени в нескольких отраслях | Неизвестное имя | 5 |
| Опыт применения ОИС в производстве | Нет | 5 |
| Наличие научной известности | Нет | 5 |
| ***Итог*** | (5 + 5 + 5)/3 = 5% | |

Расчет риска неудачного продвижения продукта (товара/услуг) на рынок представлен в табл. 4.5.

Таблица 4.5 – Расчет риска неудачного продвижения продукта (товара/услуг) на рынок

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Риск*** | ***Значение*** | ***Уровень риска, %*** |
| Степень разработки | Разработана технология на базе НИОКР | 3 |
| Степень коммерциализации в бизнесе | Нет | 5 |
| Наличие и объемы рынка (сегментов) | Один сегмент рынка | 4 |
| Рекламная компания | Не ведется | 5 |
| Маркетинговая политика в части реализации продукции | Разработка плана реализации | 4 |
| ***Итог*** | (3 + 5 + 4 + 5 +4)/5 = 4,2% | |

Расчет риска низкой влиятельности при распределении совокупных выгод от реализации товара/услуг представлен в табл. 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет риска низкой влиятельности при распределении совокупных выгод от реализации товара/услуг

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Риск*** | ***Значение*** | ***Уровень риска, %*** |
| Степень использования ОИС в отдельных элементах товарной продукции | Использование в нескольких основных элементах | 2 |
| Стратегия ценообразования продукта с ОИС | Нет | 5 |
| Наличие лицензий | Нет | 5 |
| Менеджмент | Отсутствие специализированного менеджмента | 5 |
| Надежность участников Проекта | Общие интересы участников Проекта | 2 |
| ***Итог*** | (2 + 5 + 5 + 5 + 2)/5 = 3,8% | |

Расчет риска высоких расходов, неэффективных инвестиций представлен в табл. 4.7.

Таблица 4.7 – Расчет риска высоких расходов, неэффективных инвестиций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Риск*** | ***Значение*** | ***Уровень риска, %*** |
| Опыт применения аналогичных ОИС на предприятиях | Нет | 5 |
| Стратегия ценообразования продукта с ОИС | Нет | 5 |
| Наличие на рынке конкурентного контрафакта | Возможно появление | 2 |

Продолжение таблицы 4.7.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наличие на рынке конкурентных ОИС | Среднеконкурентные ОИС | 4 |
| ***Итог*** | (5 + 5 + 2 + 4)/4 = 4% | |

Определим рыночную стоимость объекта оценки по формуле (4.1):

4.6. Выводы

В данном разделе выпускной квалификационной работы определен объект защиты интеллектуальной собственности, полученный в результате выполнения ВКР, а также объем прав на данную интеллектуальную собственность. Проведены законодательные основы правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности и оценена рыночная стоимость объекта исследования на основании метода капитализации доходов.

заключение

В результате выполнения работы были получены следующие результаты:

* Проведен анализ модели TransRelational, выявлены преимущества и недостатки.
* Создан список требований к разрабатываемой программе.
* Разработана архитектура программы и сценарии использования.
* Реализован алгоритм преобразования из реляционной модели в TR модель.
* Реализованы операции для выборки данных из TR модели.
* Реализованы алгоритмы обновления данных в TR модели.
* Проведено тестирование разработанной программы.

После реализации программы была замерена скорость выполнения каждого разработанного алгоритма, выявлены пути улучшения алгоритмов.

Дальнейшие перспективы развития программы:

* Реализация всех операторов языка SQL.
* Распараллеливание алгоритмов для улучшения производительности.
* Реализация решения с записью данных на диск.
* Создание графического интерфейса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основные модели баз данных – [Электронный ресурс]. URL: <https://sites.google.com/site/raznyeurokipoinformatiki/home/bazy-dannyh/teoria-po-bazam-dannyh/varianty-hranenia-dannyh/osnovnye-modeli-baz-dannyh> (дата обращения: 01.05.2020).
2. Как работает реляционная БД – [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/company/mailru/blog/266811/ (дата обращения: 01.05.2020).
3. Что такое NoSQL? – [Электронный ресурс]. URL: <https://aws.amazon.com/ru/nosql/> (дата обращения: 01.05.2020).
4. U.S. Patent and Trademark Office: Value-lnstance-Connectivity Computer-Implemented Database. U.S. Patent No. 6,009,432. – December 28, 1999.
5. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание/ М.: Издательский дом "Вильяме", 2005. — 1328 с.
6. Date С. J. Go Faster! The TransRelational™ Approach to DBMS Implementation
7. Фомичева Т.Г. Базы данных. Проектирование приложений реляционной БД: конспект лекций. Ч.1 / Т.Г.Фомичева. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. 82 с.
8. Фомичева Т.Г. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Базы данных»: учеб.-метод. пособие / сост.: Т.Г. Фомичева: СПб. 2016. 123 с.
9. Основы реляционной алгебры – [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/post/145381/ (Дата обращения: 05.05.2020)
10. Уровни представления данных – [Электронный ресурс]. URL: <http://economyreview.ru/teoriya-subd/urovni-modeley-dannyh> (Дата обращения: 10.12.2019)
11. SQL JOIN на Java – [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/post/278087/ (дата обращения: 10.05.2020).
12. Measure Elapsed Time in Java – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.baeldung.com/java-measure-elapsed-time> (дата обращения: 15.05.2020).
13. Тестирование. Фундаментальная теория – [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/post/279535/>(дата обращения: 16.05.2020).
14. JUnit5 – [Электронный ресурс]. URL: <https://junit.org/junit5/docs/current/user-guide/> (дата обращения: 16.05.2020).
15. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть четвертая от 18 дек. 2006 г. № 230-ФЗ : принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 24 нояб. 2006 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 8 дек. 2006 г.: ввод. Федер. законом Рос. Федерации от 18 дек. 2006 г. № 231-ФЗ // Парламент. газ. 2006. 21 дек.; Рос. газ. 2006. 22 дек.; Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2006. № 52, ч. 1, ст. 5496. С. 14803–14949.
16. Конституция Российской Федерации : принята всенародным голосование 12 декабря 1993 года. : (с учетом поправок, внесенных Законами Российской Федерации о поправках к Конституции Российской Федерации от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ30 декабря 2008 № 6-ФКЗ и № 8 – ФКЗ) // СПС «Консультант плюс» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 13.05.2020).
17. Приказ Минэкономразвития России от 08.04.2015 № 209 «Об утверждении Административного регламента исполнения Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной функции по осуществлению контроля и надзора в сфере правовой охраны и использования результатов интеллектуальной деятельности гражданского назначения, созданных за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета, а также контроля и надзора в установленной сфере деятельности в отношении государственных заказчиков и организаций-исполнителей государственных контрактов, предусматривающих проведение научно-исследовательских, опытноконструкторских и технологических работ». // Роспатент [Электронный ресурс]. URL: <https://rupto.ru/ru/documents/209-prikaz-minekonomrazvitiya-rossii-ot-08-04-2015-209> (дата обращения: 13.05.2020).
18. Приказ Министерства экономического развития России от 21.08.2015 № 579 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по публикации решений судов о допущенных нарушениях исключительных прав». // Роспатент [Электронный ресурс]. URL: <https://rupto.ru/ru/documents/579-prikaz-minekonomrazvitiya-rossii-ot-21-08-2015-579> (дата обращения: 13.05.2020).
19. Приказ Министерства экономического развития России от 28.08.2015. № 611 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по внесению изменений в реестры программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем, а также в свидетельства о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин, базы данных, топологии интегральной микросхемы». // Роспатент [Электронный ресурс]. URL: <https://rupto.ru/ru/documents/611-prikaz-minekonomrazvitiya-rossii-ot-28-08-2015-611> (дата обращения: 13.05.2020).
20. Приказ Минэкономразвития России от 03.11.2015 № 811 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по внесению изменений в государственные реестры изобретений, полезных моделей, промышленных образцов Российской Федерации, а также в патенты на изобретение, полезную модель, промышленный образец». // Роспатент [Электронный ресурс]. URL: <https://rupto.ru/ru/documents/811-prikaz-minekonomrazvitiya-rossii-ot-03-11-2015-811> (дата обращения: 13.05.2020).
21. Приказ Минэкономразвития России от 3.11.2015 № 812 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по восстановлению действия патента на изобретение, полезную модель или промышленный образец». // Роспатент [Электронный ресурс]. URL: <https://rupto.ru/ru/documents/prikaz-minekonomrazvitiya-rossii-ot-03-11-2015-812> (дата обращения: 13.05.2020).
22. Приказ Министерства экономического развития РФ от 05.04.2016 №210 «Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин или базы данных и выдаче свидетельств о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин или базы данных, их дубликатов». // Роспатент [Электронный ресурс]. URL: <https://rupto.ru/ru/documents/prikaz-minekonomrazvitiya-rossii-ot-05-04-2016-210> (дата обращения: 13.05.2020).
23. Государственная регистрация программы для электронных вычислительных машин или базы данных. // Роспатент [Электронный ресурс]. URL: <https://rupto.ru/ru/stateservices/gosudarstvennaya-registraciya-programmy-dlya-elektronnyh-vychislitelnyh-mashin-ili-bazy-dannyh-i-vydacha-svidetelstv-o-gosudarstvennoy-registracii-programmy-dlya-elektronnyh-vychislitelnyh-mashin-ili-bazy-dannyh-ih-dublikatov> (дата обращения: 13.05.2020).
24. Средняя заработная плата инженера-программиста в Санкт-Петербурге – [Электронный ресурс]. URL: <http://sankt-peterburg.trud.com/salary/865/3670.html> (дата обращения: 13.05.2020).
25. Оценка и защита результатов интеллектуальной деятельности: учебно-методическое пособие по выполнению дополнительного раздела выпускных квалификационных работ магистров / сост.: М.Н.Магомедов, М.В.Чигирь. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2019. 26 с.