



РЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ

*Предложение есть модель действительности,
как мы ее себе мыслим.*
Л. Витгенштейн

Технологии баз данных

Содержание

2

- Историческая справка
- Особенности и состав модели
- Основные понятия реляционной модели данных
- Целостность реляционных данных

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Историческая справка

3



Эдгар Франк («Тед») Кодд
1923-2003

- *Реляционная модель данных (РМД)* изобретена Т. Коддом в 1970 г.
 - ▣ Codd E.F. The Relation Model for Large Shared Data Banks // Communications of the ACM. 1970. № 6.
 - ▣ За разработку реляционной модели данных Кодд был удостоен звания "IBM Fellow" (1976) и премии Тьюринга (1981).
- В настоящее время 99,99% коммерческих СУБД основаны на РМД.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Особенности РМД

- 4 ■ Логический характер объектов модели
 - Отношения – логические, а не физические структуры.
- Информационный принцип построения объектов
 - Информация в базе данных представлена одним и только одним способом – явным заданием значений атрибутов в кортежах отношений; нет никаких указателей - физических адресов для связи значений.
- Поддержка декларативного и императивного программирования
 - Реляционная алгебра – декларативное программирование и декларативное описание ограничений целостности.
 - Процедурный язык манипулирования данными.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаев

Состав РМД

- 5 ■ Структурный аспект
 - Данные в базе данных представляют собой набор отношений.
- Аспект целостности
 - Отношения отвечают определенным условиям целостности.
 - РМД поддерживает декларативные ограничения целостности уровня домена (типа данных), уровня отношения и уровня базы данных.
- Аспект манипулирования
 - РМД поддерживает операторы манипулирования отношениями (реляционная алгебра, реляционное исчисление).
- Аспект нормализации
 - Ограничения на структуру отношений базы данных, улучшающие эффективность работы с базой данных.

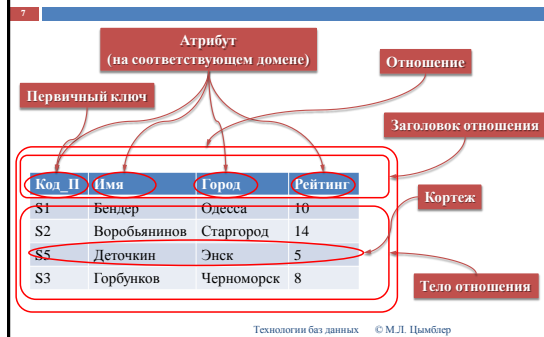
Технологии баз данных © М.Л. Цымбаев

Основные термины РМД

Термин РМД	Англ. термин	Неформальный термин
Отношение	Relation	Таблица
Кортеж	Tuple	Запись таблицы
Атрибут	Attribute	Столбец таблицы
Домен	Domain	Тип данных у значений в столбце таблицы
Первичный ключ	Primary key	Поле - уникальный идентификатор записи

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаев

Основные термины РМД



Домен

- 8
- *Домен* – именованное множество скалярных значений одного типа.
 - Скалярное (атомарное) значение не имеет внутренней структуры.
 - ФИО: строка[30] – скаляр
 - ФИО: { строка[10], строка[10], строка[10] } – не скаляр
 - Создание /удаление домена
 - create domain Код_Д char(5)
 - drop domain Код_Д

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Для чего нужны домены?

- 9
- Домены ограничивают сравнения
 - select Имя_Д
from P, SP
where P.Код_Д=SP.Код_Д
 - select Имя_Д
from P, SP
where P.Вес=SP.Количество
 - Домены допускают запросы к словарю базы данных
 - select Имя_Отношения, Имя_Атрибута
from СловарьБД_Отношения
where Имя_Домена=Код_П'
 - Домены не поддерживаются в SQL в полной мере.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Отношение

- **Отношение** R , определенное на множестве доменов $D=\{D_1, \dots, D_k\}$ состоит из двух частей: заголовок и тело.
- **Заголовок отношения** – множество пар $\langle \text{имя-атрибута.имя-домена} \rangle$, т.е. множество $\{ \langle A_j; D_j \rangle, \dots, \langle A_n; D_n \rangle \}$, где имена атрибутов A_j различны, домены атрибутов $D_j \in D$ не обязательно различны.
- **Тело отношения** – множество кортежей.
- **Кортеж** – множество пар $\langle \text{имя-атрибута.значение-атрибута} \rangle$, т.е. множество $\{ \langle A_j; v_{ij} \rangle, \dots, \langle A_n; v_{in} \rangle \}$, где $i \in \{1, \dots, m\}$.
- Значения m и n – **кардинальное число** и **степень отношения (арность)**.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбалер

Отношения vs таблицы

Отношение	Таблица
Не может содержать одинаковых кортежей (тело отношения – множество)	Может содержать одинаковые строки
Кортежи не упорядочены (тело отношения – множество)	Строки таблицы могут быть упорядочены
Атрибуты не упорядочены (заголовок отношения – множество)	Столбцы таблицы могут быть упорядочены
Значения атрибутов кортежей атомарные (или отношение <i>нормализовано</i>)	Ячейка таблицы может содержать другую таблицу

Технологии баз данных © М.Л. Цымбалер

Отношения vs таблицы

- Нет одинаковых кортежей
- **select** Имя
from S
where Рейтинг >= 15
- **SQL**
- **РМД**

Код	Имя	Город	Рейтинг
S1	Бендер	Одесса	15
S2	Воробьянинов	Старгород	14
S5	Деточкин	Эиск	5
S3	Горбунов	Черноморск	8
S10	Бендер	Москва	20

Имя
Бендер
Бендер

Имя
Бендер

Технологии баз данных © М.Л. Цымбалер

Отношения vs таблицы

13

- Кортежи не упорядочены (сверху вниз)

SQL

```
select Код_П, Имя,
Рейтинг
from S
order by Рейтинг desc
```

РМД

```
select Код_П, Имя,
Рейтинг
from S
```

Код_П	Имя	Город	Рейтинг
S1	Бендер	Одесса	15
S2	Воробьянинов	Старгород	14
S5	Деточкин	Эваск	5
S3	Горбунов	Черноморск	8
S10	Бендер	Москва	20

Код_П	Имя	Рейтинг
S10	Бендер	20
S1	Бендер	15
S2	Воробьянинов	14
S3	Горбунов	8
S5	Деточкин	5

Код_П	Имя	Рейтинг
S1	Бендер	15
S2	Воробьянинов	14
S5	Деточкин	5
S3	Горбунов	8
S10	Бендер	20

Технологии баз данных © М.Л. Цамбаер

Отношения vs таблицы

14

- Атрибуты не упорядочены (слева направо)

SQL

```
select Имя, Код_П,
Рейтинг
from S
order by Рейтинг desc
```

РМД

```
select Код_П, Имя,
Рейтинг
from S
```

Код_П	Имя	Город	Рейтинг
S1	Бендер	Одесса	15
S2	Воробьянинов	Старгород	14
S5	Деточкин	Эваск	5
S3	Горбунов	Черноморск	8
S10	Бендер	Москва	20

Имя	Код_П	Рейтинг
Бендер	S10	20
Бендер	S1	15
Воробьянинов	S2	14
Горбунов	S3	8
Деточкин	S5	5

Имя	Код_П	Рейтинг
Бендер	S1	15
Воробьянинов	S2	14
Деточкин	S5	5
Горбунов	S3	8
Бендер	S10	20

Технологии баз данных © М.Л. Цамбаер

Отношения vs таблицы

15

- Все значения атрибутов атомарны

Код_П	Код_Д	Количество
S1	P1	200
	P2	300
	P3	100
S2	P1	200
	P4	400
	P1	800
S3	P5	500
	P1	800
	P1	800



Код_П	Код_Д	Количество
S1	P1	200
S1	P2	300
S1	P3	100
S2	P1	200
S2	P4	400
S3	P5	500
S3	P1	800

Технологии баз данных © М.Л. Цамбаер

Виды отношений

16

- **Базовое отношение** – именованное отношение (переменная отношения), которое постоянно хранится в базе данных.
- **Производное отношение** – отношение, определенное через базовые посредством реляционного выражения.
- **Представление** – виртуальное (не хранящееся постоянно в базе данных) именованное производное отношение. Применяется для реализации внешнего уровня ANSI/SPARC архитектуры систем баз данных.
- **Снимок** – именованное производное отношение, которое постоянно хранится в базе данных. Применяется для реконструкции базы данных после сбоев.
- **Результат запроса** – неименованное производное отношение.
- **Хранимое отношение** – отношение, которое поддерживается в физической памяти.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбоер

Виды отношений

17

- Базовое отношение
 - create base relation S (
 - Код_П domain (Код_П),
 - Имя domain (Имя),
 - Город domain (Город),
 - primary key (Код_П)
- Представление
 - create view Надежные_П as
 - select Код_П, Имя
 - from S
 - where Рейтинг >= 15
- Снимок
 - create snapshot Поставляемые_Детали as
 - select Код_Д, Имя
 - from P.SP
 - where P.Код_Д=SP.Код_Д
 - refresh every day
- Промежуточный результат (выражение реляционной алгебры)
 - ((S JOIN SP) WHERE Код_Д='P1')(Код_П, Имя_П)

Технологии баз данных © М.Л. Цымбоер

Реляционная БД

18

- **Реляционная база данных** – база данных, воспринимаемая пользователем (на внешнем уровне ANSI/SPARC архитектуры систем баз данных) как набор нормализованных отношений различной степени.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбоер

Целостность реляционных данных

19

- Ключи
 - ▣ Потенциальные, первичные и альтернативные
 - ▣ Простые и составные
 - ▣ Внешние
- Ссылочная целостность
- NULL-значения

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Потенциальный ключ

20

- Подмножество K атрибутов отношения R является *потенциальным ключом*, если K обладает следующими свойствами:
 1. Уникальность
 - Никакие два кортежа в R не могут иметь одинаковое значение в K .
 2. Неизбыточность
 - Никакое подмножество K не обладает свойством уникальности.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Потенциальный ключ

21

- Каждое отношение имеет минимум один потенциальный ключ (все атрибуты отношения)
- Потенциальных ключей может быть несколько
 - ▣ Таблица химических элементов Д.И. Менделеева.
- Неизбыточность потенциального ключа важна! В противном случае
 - ▣ нельзя обеспечить должным образом целостность
 - Если взять потенциальный ключ {Код_П, Город} вместо {Код_П}, то код поставщика будет уникальным только в пределах одного города, а не всех городов.
 - ▣ внешний ключ, на который ссылается избыточный потенциальный ключ, будет также избыточным.
- Потенциальный ключ \neq индекс по атрибуту
 - ▣ Не обязательно существует индекс (физический файл для ускорения доступа к данным отношения) по потенциальному ключу.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Назначение потенциальных ключей

- Потенциальный ключ позволяет адресовать кортежи отношения.

```
select Имя
from S
where Код_П='S1'
```

Имя
Бендер

Код_П*	Имя	Город	Рейтинг
S1	Бендер	Одесса	15
S2	Воробьянинов	Старгород	14
S5	Деточкин	Энск	5
S3	Горбунков	Черноморск	8
S10	Бендер	Москва	20

Потенциальный ключ

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Виды потенциальных ключей

- Если потенциальный ключ состоит из более чем одного атрибута, он называется *составным*, иначе – *простым*.
- Один из потенциальных ключей должен быть выбран в качестве *первичного ключа*. Остальные потенциальные ключи называются *альтернативными ключами*.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Внешний ключ

- *Внешний ключ FK* в отношении *R2* – это подмножество атрибутов *R2* такое, что
 - существует отношение *R1* (не обязательно отличное от *R2*) с потенциальным ключом *CK*
 - для каждого значения *FK* существует кортеж в *R1* с совпадающим значением *CK*.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Внешние ключи

25

Код_П*	Имя_П
S1	Бендер
S2	Воробьянинов
S5	Деточкин
S3	Горбунков
S10	Бендер

Код_П	Код_Д	К-во
S1	P1	300
S1	P5	500
S3	P2	900
S3	P1	100
S10	P2	400

Код_Д*	Имя_Д
P1	Гайка
P2	Болт
P5	Шуруп
P7	Дюбель

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Внешние ключи

- 26
- Внешний ключ должен определяться на тех же доменах, что и соответствующий потенциальный ключ.
 - Внешний ключ не обязательно должен входить в первичный (потенциальный) ключ, но это желательно.
- Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Внешние ключи

27

Код_П*	Имя_П
S1	Бендер
S2	Воробьянинов
S5	Деточкин
S3	Горбунков
S10	Бендер

Код_П*	Код_Д*	К-во
S1	P1	300
S1	P5	500
S3	P2	900
S3	P1	100
S10	P2	400

Код_Д*	Имя_Д
P1	Гайка
P2	Болт
P5	Шуруп
P7	Дюбель

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаер

Внешние ключи

28

- Внешний ключ составной (простой), если соответствующий потенциальный ключ составной (простой).

Внешние ключи

29

- Внешний ключ и соответствующий потенциальный ключ могут принадлежать одному и тому же отношению (ссылающееся и целевое отношение совпадают).



Код_Сотр*	ФИО	Начальник
001	Бендер О.И.	NULL
002	Воробьянинов И.М.	001
005	Деточкин Ю.И.	002
007	Бонд Д.	001

Внешние ключи

30

- create base relation SP (
Код_П domain (Код_П),
Код_Д domain (Код_Д),
Количество domain (Количество),
primary key (Код_П, Код_Д),
foreign key (Код_П) references S (Код_П),
foreign key (Код_Д) references P (Код_Д))

Правила внешних ключей

- Что делать в случае попытки удалить (обновить) потенциальный ключ, на который ссылается внешний ключ?
- ▣ Удаление поставщика, имеющего хотя бы одну поставку.
- ▣ Изменение кода детали, входящей хотя бы в одну поставку.

Код_П*	Имя_П	Код_П*	Код_Д*	К-во	Код_Д*	Имя_Д
S1	Бендер	S1	P1	300	P1	Гайка
S2	Воробьянинов	S1	P5	500	P2	Болт
S5	Деточкин	S3	P2	900	P5	Шурш
S3	Горбунков	S3	P1	100	P7	Дюбель
S10	Бендер	S10	P2	400		

Технологии баз данных © М.Л. Цымбар

Правила внешних ключей

- *Ограничить* – запретить удаление (обновление) кортежей ссылочного отношения до момента, когда в ссылающемся отношении не будут отсутствовать кортежи с соответствующим значением внешнего ключа.
- *Каскадировать* – удалить (обновить) кортежи ссылочного отношения с соответствующим значением внешнего ключа.
- *Установить в NULL* – удалить (обновить) кортежи ссылочного отношения и в ссылающемся отношении установить у соответствующих кортежей неопределенное значение внешнего ключа (NULL).
- *Установить по умолчанию* – удалить (обновить) кортежи ссылочного отношения и в ссылающемся отношении установить у соответствующих кортежей значение внешнего ключа по умолчанию (в этой базе данных).

Технологии баз данных © М.Л. Цымбар

Правила внешних ключей: ограничить

Код_П*	Имя_П	Код_П*	Код_Д*	К-во	Код_Д*	Имя_Д
S1	Бендер	S1	P1	300	P1	Гайка
S2	Воробьянинов	S1	P5	500	P2	Болт
S5	Деточкин	S3	P2	900	P5	Шурш
S3	Горбунков	S3	P1	100	P7	Дюбель
S10	Бендер	S10	P2	400		

Могут быть обновлены (удалены)

Технологии баз данных © М.Л. Цымбар

Правила внешних ключей: каскадировать

34

Код_П*	Имя_П
007	Бендер
S2	Воробьянинов
S5	Деточкин
S3	Горбунков
S10	Бендер

Код_П*	Код_Д*	К-во
007	P1	300
007	P5	500
S3	P1	100
		УДАЛЕН
		УДАЛЕН

Код_Д*	Имя_Д
P1	Гайка
P5	Шуруп
P7	Дюбель
	УДАЛЕН

Технологии баз данных © М.Л. Цымбалер

Ограничение и каскад

35

- create base relation SP (
 - Код_П domain (Код_П),
 - Код_Д domain (Код_Д),
 - Количество domain (Количество),
 - primary key (Код_П, Код_Д),
 - foreign key (Код_П) references S (Код_П)**
 - on delete restrict
 - on update cascade,
 - foreign key (Код_Д) references P (Код_Д)**
 - on delete restrict
 - on update cascade)

Технологии баз данных © М.Л. Цымбалер

Установка в умолчание и NULL

36

- create base relation EMP (
 - Код_Сотр domain (Код_Сотр),
 - ФИО domain (ФИО),
 - Начальник domain (Код_Сотр),
 - primary key (Код_Сотр),
 - foreign key (Начальник) references EMP (Код_Сотр)**
 - on delete set NULL
 - on update set default '????')

Технологии баз данных © М.Л. Цымбалер

NULL-значения

37

□ **NULL-значение** – специальное значение, показывающее отсутствие информации.

■ NULL#, NULL# ' ', NULL#'_ ', NULL#0

■ create base relation R (
Attr domain (Domain) nulls [not] allowed)

□ NULL-значения порождают трехзначную логику.

AND	TRUE	FALSE	NULL	OR	TRUE	FALSE	NULL	NOT	TRUE	FALSE
TRUE	TRUE	FALSE	NULL	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	NULL	FALSE	TRUE	
NULL	NULL	FALSE	NULL	NULL	TRUE	NULL	NULL	NULL	NULL	

Технологии баз данных © М.Л. Цымбар

NULL-значения и потенциальные ключи

38

□ Ни один элемент первичного ключа базового отношения не может принимать NULL-значение.

■ Записываемые в отношение кортежи должны быть идентифицируемы!

□ Результирующее отношение может иметь NULL-значение в первичном ключе.

■ select Цвет from P

□ Для альтернативных ключей первичные значения могут быть разрешены или запрещены.

■ Если альтернативный ключ может принимать NULL-значения, то он не может быть выбран в качестве первичного.

Технологии баз данных © М.Л. Цымбар

NULL-значения и внешние ключи

39

□ **Внешний ключ FK** в отношении R2 – это подмножество атрибутов R2 такое, что

■ существует отношение R1 (не обязательно отличное от R2) с потенциальным ключом CK

■ FK может принимать неопределенное значение NULL, а для каждого отличного от NULL значения FK в R1 существует кортеж с совпадающим значением CK.

□ create base relation R2 (
foreign key (FK) references R1 (CK)
on (delete | update) restrict | cascade | set null
nulls [not] allowed)

Технологии баз данных © М.Л. Цымбар

Правила внешних ключей: установить в NULL

Код_П*	Имя_П
007	Бендер
S2	Воробьянников
S5	Деточкин
S3	Горбунов
S10	Бендер

Код_ПД*	Код_П	Код_Д	К-во
SP1	NULL	P1	300
SP2	NULL	P5	500
SP5	S3	NULL	200
SP9	S3	P1	100
SP4	S10	NULL	200

Код_Д*	Имя_Д
P1	Гайка
P5	Шуруп
P7	Дюбель

УДАЛЕН

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаев

Заключение

- Реляционная модель данных – основа современных технологий баз данных.
- Базовые понятия РМД – домены, атрибуты, кортежи.
- Целостность реляционных данных
 - ▣ Потенциальные и первичные ключи
 - ▣ Внешние ключи и ссылочная целостность
 - ▣ NULL-значения

Технологии баз данных © М.Л. Цымбаев