

Теоретические языки запросов

Теоретические языки запросов, предложенные Э. Коддом

- Реляционная алгебра, процедурный язык
- Реляционное исчисление, непроцедурный (декларативный) язык

Замкнутость реляционной алгебры

Реляционный оператор f выглядит как функция с отношениями в качестве аргументов:

$$R = f(R_1, R_2, \dots, R_n)$$

Реляционная алгебра является замкнутой, т.к. в качестве аргументов в реляционные операторы можно подставлять другие реляционные операторы, подходящие по типу:

$$R = f(f_1(R_{11}, R_{12}, \dots), f_2(R_{21}, R_{22}, \dots), \dots)$$

Реляционные операторы

Теоретико-множественные операторы:

1. Объединение
2. Пересечение
3. Вычитание
4. Декартово произведение

Специальные реляционные операторы:

1. Выборка
2. Проекция
3. Соединение
4. Деление

Отношения, совместимые по типу

Отношения являются *совместимыми по типу*, если они имеют идентичные заголовки, а именно:

- Отношения имеют *одно и то же множество имен атрибутов*, т.е. для любого атрибута в одном отношении найдется атрибут с таким же наименованием в другом отношении,
- Атрибуты с одинаковыми именами *определены на одних и тех же доменах*.

Оператор переименования атрибутов

R RENAME Atr_1, Atr_2, \dots AS $NewAtr_1, NewAtr_2, \dots$

Объединение

Объединением двух совместимых по типу отношений A и B называется отношение с тем же заголовком, что и у отношений A и B, и телом, состоящим из кортежей, принадлежащих или A, или B, или обоим отношениям.

A UNION B

Объединение

Пусть даны два отношения A и B с информацией о сотрудниках:

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Петров	2000
3	Сидоров	3000

Таблица 1 Отношение A

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Пушников	2500
4	Сидоров	3000

Таблица 2 Отношение B

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Петров	2000
3	Сидоров	3000
2	Пушников	2500
4	Сидоров	3000

Таблица 3 Отношение $A \cup B$

Пересечение

Пересечением двух совместимых по типу отношений A и B называется отношение с тем же заголовком, что и у отношений A и B, и телом, состоящим из кортежей, принадлежащих одновременно обоим отношениям A и B.

A INTERSECT B

Пересечение

Пусть даны два отношения A и B с информацией о сотрудниках:

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Петров	2000
3	Сидоров	3000

Таблица 1 Отношение A

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Пушников	2500
4	Сидоров	3000

Таблица 2 Отношение B

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000

Таблица 4 Отношение $A \text{ INTERSECT } B$

Вычитание

Вычитанием двух совместимых по типу отношений A и B называется отношение с тем же заголовком, что и у отношений A и B, и телом, состоящим из кортежей, принадлежащих отношению A и не принадлежащих отношению B.

A MINUS B

Вычитание

Пусть даны два отношения A и B с информацией о сотрудниках:

<i>Табельный номер</i>	Фамилия	Зарплата
<i>1</i>	Иванов	1000
<i>2</i>	Петров	2000
<i>3</i>	Сидоров	3000

Таблица 1 Отношение A

<i>Табельный номер</i>	Фамилия	Зарплата
<i>1</i>	Иванов	1000
<i>2</i>	Пушников	2500
<i>4</i>	Сидоров	3000

Таблица 2 Отношение B

<i>Табельный номер</i>	Фамилия	Зарплата
<i>2</i>	Петров	2000
<i>3</i>	Сидоров	3000

Таблица 5 Отношение $A \text{ MINUS } B$

Декартово произведение

Декартовым произведением двух отношений $A(A_1, A_2, \dots, A_n)$ и $B(B_1, B_2, \dots, B_m)$ называется отношение, заголовок которого является *сцеплением*

заголовков отношений A и B:

$$(A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_m),$$

а тело состоит из кортежей, являющихся *сцеплением*

кортежей отношений A и B:

$$(a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_m)$$

A TIMES B

Декартово произведение

Номер поставщика	Наименование поставщика
1	Иванов
2	Петров
3	Сидоров

Таблица 6 Отношение А (Поставщики)

Номер детали	Наименование детали
1	Болт
2	Гайка
3	Винт

Таблица 7 Отношение В (Детали)

Номер поставщика	Наименование поставщика	Номер детали	Наименование детали
1	Иванов	1	Болт
1	Иванов	2	Гайка
1	Иванов	3	Винт
2	Петров	1	Болт
2	Петров	2	Гайка
2	Петров	3	Винт
3	Сидоров	1	Болт
3	Сидоров	2	Гайка
3	Сидоров	3	Винт

Таблица 8 Отношение А TIMES В

Выборка (ограничение, селекция)

Выборкой (ограничением, селекцией) на отношении **A** с условием **c** называется отношение с тем же заголовком, что и у отношения **A**, и телом, состоящим из кортежей, значения атрибутов которых при подстановке в условие **c** дают значение ИСТИНА.

”**c**” представляет собой логическое выражение, в которое могут входить атрибуты отношения **A** и (или) скалярные выражения.

A WHERE c

Выборка (ограничение, селекция)

Пусть дано отношение *A* с информацией о сотрудниках:

<i>Табельный номер</i>	<i>Фамилия</i>	<i>Зарплата</i>
1	Иванов	1000
2	Петров	2000
3	Сидоров	3000

Таблица 9 Отношение *A*

Пример:

A WHERE Зарплата < 3000

Проекция

Проекцией отношения A по атрибутам X, Y, \dots, Z , где каждый из атрибутов принадлежит отношению A , называется отношение с заголовком (X, Y, \dots, Z) и телом, содержащим множество кортежей вида (x, y, \dots, z) , таких, для которых в отношении A найдутся кортежи со значением атрибута X , равным x , значением атрибута Y , равным y , ..., значением атрибута Z , равным z .

$A[X, Y, \dots, Z]$ или **PROJECT** $A \{x, y, \dots, z\}$

Проекция

<i>Номер поставщика</i>	Наименование поставщика	Город поставщика
1	Иванов	Уфа
2	Петров	Москва
3	Сидоров	Москва
4	Сидоров	Челябинск

Таблица 11 Отношение A (Поставщики)

Город поставщика
Уфа
Москва
Челябинск

Таблица 12 Отношение A[Город поставщика]

Общая операция соединения

Соединением отношений **A** и **B** по условию **c** называется отношение

(A TIMES B) WHERE c

Тэта-соединение

Номер поставщика	Наименование поставщика	X (Статус поставщика)
1	Иванов	4
2	Петров	1
3	Сидоров	2

Таблица 13 Отношение A (Поставщики)

Номер детали	Наименование детали	Y (Статус детали)
1	Болт	3
2	Гайка	2
3	Винт	1

Таблица 14 Отношение B (Детали)

Ответ на вопрос "какие поставщики имеют право поставлять какие детали?" дает \bowtie -соединение $A[X \geq Y]B$:

Номер поставщика	Наименование поставщика	X (Статус поставщика)	Номер детали	Наименование детали	Y (Статус детали)
1	Иванов	4	1	Болт	3
1	Иванов	4	2	Гайка	2
1	Иванов	4	3	Винт	1
2	Петров	1	3	Винт	1
3	Сидоров	2	2	Гайка	2
3	Сидоров	2	3	Винт	1

Таблица 15 Отношение "Какие поставщики поставляют какие детали"

Экви-соединение

$P[PNUM = PNUM]PD$

$(P\text{ RENAME } PNUM \text{ AS } PNUM1)[PNUM1 = PNUM2](PD\text{ RENAME } PNUM \text{ AS } PNUM2)$

Номер поставщика <i>PNUM</i>	Наименование поставщика <i>PNAME</i>
1	Иванов
2	Петров
3	Сидоров

Таблица 16 Отношение P (Поставщики)

Номер детали <i>DNUM</i>	Наименование детали <i>DNAME</i>
1	Болт
2	Гайка
3	Винт

Таблица 17 Отношение D (Детали)

Номер поставщика <i>PNUM</i>	Номер детали <i>DNUM</i>	Поставляемое количество <i>VOLUME</i>
1	1	100
1	2	200
1	3	300
2	1	150
2	2	250
3	1	1000

Таблица 18 Отношение PD (Поставки)

Экви-соединение

Номер поставщика PNUM1	Наименование поставщика PNAME	Номер поставщика PNUM2	Номер детали DNUM	Поставляемое количество VOLUME
1	Иванов	1	1	100
1	Иванов	1	2	200
1	Иванов	1	3	300
2	Петров	2	1	150
2	Петров	2	2	250
3	Сидоров	3	1	1000

Таблица 19 Отношение "Какие детали поставляются какими поставщиками"

Естественное соединение

Естественным *соединением* называется *соединение по эквивалентности* двух отношений A и B, выполненное по всем общим атрибутам, из результатов которого исключается по одному экземпляру каждого общего атрибута.

A JOIN B

Деление

Отношение с заголовком (X_1, X_2, \dots, X_n) и телом, содержащим множество кортежей (x_1, x_2, \dots, x_n) , таких, что для всех кортежей $(y_1, y_2, \dots, y_m) \in B$ в отношении $A(X_1, X_2, \dots, X_n, Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$ найдется кортеж $(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m)$.

$A \text{ DIVIDE } B$

Деление

Номер поставщика PNUM	Номер детали DNUM
1	1
1	2
1	3
2	1
2	2
3	1

Таблица 21 Проекция $X=PD[PNUM,DNUM]$

Номер детали DNUM
1
2
3

Таблица 22 Проекция $Y=D[DNUM]$

Номер поставщика PNUM
1

Таблица 23 Отношение $X \text{ DEVIDEBY } Y$

Запросы, невыразимые средствами реляционной алгебры

- Плохая нормализация отношений

Наименование вещества	Водород	Гелий	...	105 элемент
Дезоксирибону-клеиновая кислота	5	3	...	0.01
Бензин	50	0	...	0
...

Таблица 24 Отношение ХИМИЧЕСКИЙ_СОСТАВ_ВЕЩЕСТВ

НОМ_ВЕЩЕСТВА	ВЕЩЕСТВО
1	Дезоксирибонуклеиновая кислота
2	Бензин

Таблица 25 Отношение ВЕЩЕСТВО

НОМ_ЭЛЕМЕНТА	ЭЛЕМЕНТ
1	Водород
2	Гелий
...	...
105	...

Таблица 26 Отношение ЭЛЕМЕНТЫ

НОМ_ВЕЩЕСТВА	НОМ_ЭЛЕМЕНТА	ПРОЦЕНТ
1	1	5
1	2	3
1	105	0.01
2	1	50

Таблица 27 Отношение ХИМИЧЕСКИЙ_СОСТАВ_ВЕЩЕСТВ

1. $R1(\text{НОМЕР_ВЕЩЕСТВА}, \text{НОМ_ЭЛЕМЕНТА}, \text{ПРОЦЕНТ}) =$
 $\text{ХИМИЧЕСКИЙ_СОСТАВ_ВЕЩЕСТВ}[\text{ПРОЦЕНТ} > 90]$. (Выборка из отношения).
2. $R2(\text{НОМ_ЭЛЕМЕНТА}) = R1[\text{НОМ_ЭЛЕМЕНТА}]$.
(Проекция отношения).
3. $R3(\text{НОМ_ЭЛЕМЕНТА}, \text{ЭЛЕМЕНТ}) =$
 $R2[\text{НОМ_ЭЛЕМЕНТА} = \text{НОМ_ЭЛЕМЕНТА}]\text{ЭЛЕМЕНТЫ}$. (Естественное соединение)
4. $\text{ОТВЕТ}(\text{ЭЛЕМЕНТ}) = R3[\text{ЭЛЕМЕНТ}]$. (Проекция таблицы).

Запросы, невыразимые средствами реляционной алгебры

- Невыразимость транзитивного замыкания реляционными операторами, например, «перечислить всех руководителей (прямых и непрямых) данного сотрудника».

ТАБ_НОМ	ФАМИЛИЯ	ДОЛЖНОСТЬ	ТАБ_НОМ_РУК
1	Иванов	Директор	1
2	Петров	Глав.бухгалтер	1
3	Сидоров	Бухгалтер	2
4	Васильев	Начальник цеха	1
5	Сухов	Мастер	4
6	Шарипов	Рабочий	5
...

Таблица 28 Отношение СОТРУДНИКИ

Запросы, невыразимые средствами реляционной алгебры

- Транзитивное замыкание бинарного отношения R на множестве X есть наименьшее транзитивное отношение на множестве X , включающее R .
- Бинарное отношение R на множестве X называется **транзитивным**, если для любых трёх элементов множества a, b, c выполнение отношений aRb и bRc влечёт выполнение отношения aRc .

- Пусть множество A представляет собой следующее множество деталей и конструкций: $A = \{\text{Болт, Гайка, Двигатель, Автомобиль, Колесо, Ось}\}$

Отношение R

Конструкция	Где используется
Болт	Двигатель
Болт	Колесо
Гайка	Двигатель
Гайка	Колесо
Двигатель	Автомобиль
Колесо	Автомобиль
Ось	Колесо

Транзитивное замыкание R

Конструкция	Где используется
Болт	Двигатель
Болт	Колесо
Гайка	Двигатель
Гайка	Колесо
Двигатель	Автомобиль
Колесо	Автомобиль
Ось	Колесо
Болт	Автомобиль
Гайка	Автомобиль
Ось	Автомобиль

Запросы, невыразимые средствами реляционной алгебры

● Кросс-таблицы

Товар	Месяц	Количество
Компьютеры	Январь	100
Принтеры	Январь	200
Сканеры	Январь	300
Компьютеры	Февраль	150
Принтеры	Февраль	250
Сканеры	Февраль	350
...

Таблица 29 Данные о продажах

Товар	Январь	Февраль	...
Компьютеры	100	150	...
Принтеры	200	250	...
Сканеры	300	350	...

Таблица 30 Кросс-таблица