

РЕЛЯЦИОННАЯ АЛГЕБРА И РЕЛЯЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ

1. Теоретические языки запросов

Операции над отношениями

Операции над множествами:

- объединение
- пересечение
- разность
- декартово произведение

Специальные операции над отношениями:

- проекция
- соединение
- выбор
- деление

В реляционных СУБД для выполнения операций над отношениями используются 2 группы языков, имеющие в качестве своей *математической основы* теоретические языки запросов, предложенные Э.Коддом (представляют минимальные возможности реальных языков манипулирования данными в соответствии с реляционной моделью):

- реляционная алгебра;
- реляционное исчисление.

В *реляционной алгебре* операнды и результаты всех действий являются отношениями. Языки РА являются *процедурными*, т.к. отношение, являющееся результатом запроса к реляционной БД, вычисляется при выполнении последовательности реляционных операторов, применяемых к отношениям. Операторы состоят из операндов, в роли которых выступают отношения, и реляционных операций.

Языки *исчислений* являются непроцедурными (описательными или декларативными) и позволяют выражать запросы с помощью предиката первого порядка (высказывания в виде функции), которому должны удовлетворять кортежи или домены отношений. Запрос к БД содержит лишь информацию о желаемом результате. Для таких языков характерно наличие наборов правил для записи запросов. (SQL)

Базовый пример: БД, включающая таблицы:

- S (поставщики);
- P (детали);
- SP (поставки).

S

П#	Имя	Статус	Город П
S1	Сергей	20	Москва
S2	Иван	10	Киев
S3	Борис	30	Киев
S4	Николай	20	Москва
S5	Андрей	30	Минск

P

Д#	Название	Тип	Вес	Город Д
P1	гайка	каленный	12	Москва
P2	болт	мягкий	17	Киев
P3	винт	твердый	17	Ростов
P4	винт	каленный	14	Москва
P5	палец	твердый	12	Киев
P6	шпилька	каленный	19	Москва

SP

П#	Д#	Количество
S1	P1	300
S1	P2	200
S1	P3	400
S1	P4	200
S1	P5	100
S1	P6	100
S2	P1	300
S2	P2	400
S3	P2	200
S4	P2	200
S4	P4	300

Пусть имена доменов (множество допустимых значений) совпадают с именами атрибутов. Исключение: атрибуты Город_П и Город_Д, которые имеют общий домен: множество названий городов (имя домена Город).

2. Реляционная алгебра

Основные операции:

Базовые теоретико-множественные:

- объединение;
- разность (вычитание);
- пересечение;
- декартово (прямое) произведение (или произведение);

Специальные реляционные:

- выборка (селекция, ограничение);
- проекция;
- деление;
- соединение.

Унарные операции РА выполняются над одним отношением (н., проекция), **бинарные** - над двумя отношениями (н., объединение). При выполнении бинарной операции участвующие в операции отношения должны быть совместимы по структуре.

Совместимость структур отношений означает совместимость имен атрибутов и типов соответствующих доменов. Частный случай – идентичность (совпадение). Для устранения конфликтов имен атрибутов в исходных отношениях (когда совпадение имен недопустимо) и для построения произвольных имен атрибутов результирующего отношения применяется операция переименования атрибутов.

Объединением двух совместимых отношений R1 и R2 одинаковой размерности (R1 UNION R2) является отношение R, содержащее все элементы исходных отношений (с исключением повторений).

Пример 1. R1 – множество поставщиков из Москвы, R2 – множество поставщиков детали P1. Тогда отношение R – поставщики, находящиеся в Москве, или поставщики детали P1, или те и другие.

R1					R2					R				
П#	Имя	Статус	Город	П	П#	Имя	Статус	Город	П	П#	Имя	Статус	Город	П
S1	Сергей	20	Москва		S1	Сергей	20	Москва		S1	Сергей	20	Москва	
S4	Николай	20	Москва		S2	Иван	10	Киев		S2	Иван	10	Киев	
										S4	Николай	20	Москва	

Вычитание совместимых отношений R1 и R2 одинаковой размерности (R1 MINUS R2) есть отношение, тело которого состоит из множества кортежей, принадлежащих отношению R1, но не принадлежащих отношению R2. (Порядок следования операндов важен!)

Пример 2. R1, R2 – те же. R – множество поставщиков, находящихся в Москве, но не выпускающих деталь P1: $R = \{(S4, \text{Николай}, 20, \text{Москва})\}$.

Пересечение двух совместимых отношений R1 и R2 одинаковой размерности (R1 INTERSECT R2) есть отношение, включающее кортежи, одновременно принадлежащие обоим исходным отношениям.

Пример 3. R1, R2 – те же. R – производители детали P1 из Москвы: $R = \{(S1, \text{Сергей}, 20, \text{Москва})\}$.

Произведение отношения R1 степени k1 и отношения R2 степени k2 (R1 TIMES R2), которые не имеют одинаковых имен атрибутов, есть такое отношение R степени (k1+k2), заголовок которого представляет сцепление заголовков отношений R1 и R2, а тело имеет кортежи, такие, что первые k1 элементов кортежей принадлежат множеству R1, а последние k2 элементов – множеству R2.

Пример 4. Пусть R1 – множество номеров всех текущих поставщиков {S1,S2,S3,S4,S5}, а отношение R2 – множество номеров всех текущих деталей {P1,P2,P3,P4,P5}. Результат R1

TIMES R2 есть множество всех пар типа «поставщик-деталь»: {(S1,P1), (S1,P2), (S1,P3), (S1,P4), (S1,P5), (S1,P6), (S2,P1),..., (S5,P6)}.

Выборка (R WHERE f) отношения R по формуле f есть отношение с таким же заголовком и телом, состоящих из таких кортежей отношения R, которые удовлетворяют истинности логического выражения, заданного формулой f. Для записи формулы используются операнды – имена атрибутов (или номера столбцов), константы, логические операции (AND, OR, NOT), операции сравнения и скобки.

Пример 5. Выборки

R WHERE Вес<14

Д#	Название	Тип	Вес	Город Д
P1	гайка	каленный	12	Москва
P2	палец	твердый	12	Киев

SP WHERE П#= «S1» AND Д#= «P1»

П#	Д#	Количество
S1	P1	300

Проекция отношения A на атрибуты X, Y, ..., Z (A [X, Y, ..., Z]), где множество {X, Y, ..., Z} является подмножеством полного списка атрибутов заголовка отношения A, есть отношение с заголовком X, Y, ..., Z и телом, содержащим кортежи отношения A, за исключением повторяющихся кортежей. Повторение одинаковых атрибутов в списке X, Y, ..., Z не допускается.

Дополнительные варианты записи:

- отсутствие списка атрибутов подразумевает указание всех атрибутов (операция тождественной проекции);
- выражение вида R[] означает пустую проекцию, результатом которой является пустое множество;
- операция проекции может применяться к произвольному отношению, в том числе и к результату выборки.

Пример 6. Проекция

R [Тип, Город Д]

Тип	Город Д
каленный	Москва
мягкий	Киев
твердый	Ростов
твердый	Киев

(S WHERE Город_П= Киев») [П#]

П#
S2
S3

Результатом **деления** отношения R1 на отношение R2 с атрибутом В (R1 DELIVERY R2), где А и В простые или составные атрибуты, причем атрибут В – общий атрибут, определенный на одном и том же домене (множестве доменов составного атрибута), есть отношение R с заголовком А и телом, состоящим из кортежей r таких, что в отношении R1 имеются кортежи (r,s), причем множество значений s включает множество значений атрибута В отношения R2.

Пример 7. Пусть R1 – проекция SP[П#,Д#], R2 – отношение с заголовком Д# и телом {P2,P4}. Результат деления R1 на R2 есть отношение с заголовком П# и телом {S1,S4}.

R1

П#	Д#
S1	P1
S1	P2
S1	P3
S1	P4
S1	P5
S1	P6
S2	P1
S2	P2

R2

Д#
P2
P4

R1 DELIVERY R2

П#
S1
S4

S3	P2
S4	P2
S4	P4
S4	P5

Соединение $C_f(R1, R2)$ отношений $R1$ и $R2$ по условию, заданному формулой f , есть отношение R , которое можно получить путем Декартова произведения отношений $R1$ и $R2$ с последующим применением к результату операции выборки по формуле f . Правила записи формулы f аналогичны операции селекции.

Иначе: соединением отношения $R1$ по атрибуту A с отношением $R2$ по атрибуту B (отношения не имеют общих имен атрибутов) является результат выполнения операции вида:

$(R1 \text{ TIMES } R2) \text{ WHERE } A \text{ Q } B$,

где Q – логическое выражение над атрибутами, определенными на одном (нескольких – для составного атрибута) домене. Соединение $C_f(R1, R2)$, где формула f имеет произвольный вид (в отличие от частных случаев), называют Q -соединением (*тета-соединением*).

Частные случаи:

1. В операции эквисоединения (*частный случай тета-соединения*) формула задает равенство операндов. Если эквисоединение выполняется по таким столбцам, атрибуты которых в обоих отношениях имеют соответственно одинаковые имена и домены, говорят об эквисоединении по общему атрибуту.

2. Операция естественного соединения (JOIN) применяется к двум отношениям, имеющим общий атрибут (простой или составной). Этот атрибут в обоих отношениях имеет одно и то же имя (совокупность имен) и определен на одном и том же домене (доменах).

Результатом операции естественного соединения (операция JOIN) является отношение R , которое представляет собой проекцию эквисоединения отношений $R1$ и $R2$ по общему атрибуту на объединенную совокупность атрибутов обоих отношений.

Пример 8. Q-соединение (тета-соединение). (ДЗ!)

Найти соединение отношений S и P по атрибутам Город_П и Город_Д соответственно, причем кортежи результирующего отношения должны удовлетворять отношению «больше» (в смысле лексикографического порядка – по алфавиту).

$(S \text{ TIMES } P) \text{ WHERE } \text{Город_П} > \text{Город_Д}$

Пример 9. Найти естественное соединение отношений S и P по общему атрибуту, характеризующему город (Город_П и Город_Д). Применить операцию RENAME для переименования атрибутов:

$(S \text{ RENAME } \text{Город_П AS } \text{Город}) \text{ JOIN } (P \text{ RENAME } \text{Город_Д AS } \text{Город})$

П#	Имя	Статус	Город	Д#	Название	Тип	Вес
S1	Сергей	20	Москва	P1	гайка	каленный	12
S1	Сергей	20	Москва	P4	винт	каленный	14
S1	Сергей	20	Москва	P6	шпилька	каленный	19
S2	Иван	10	Киев	P2	болт	мягкий	17
S2	Иван	10	Киев	P5	палец	твердый	12
S3	Борис	30	Киев	P2	болт	мягкий	17
S3	Борис	30	Киев	P5	палец	твердый	12
S4	Николай	20	Москва	P1	гайка	каленный	12
S4	Николай	20	Москва	P4	винт	каленный	14
S4	Николай	20	Москва	P6	шпилька	каленный	19

