**7. Реляционная алгебра. Разновидности операторов. Совместимость отношений по**

**типу. Теоретико-множественные и специальные реляционные операторы**

# 7 Реляционная алгебра

**Базовые механизмы манипулирования реляционными данными** - основаны на теории множеств реляционной алгебры и базирующееся на математической логике реляционное исчисление. В свою очередь, обычно рассматриваются **два вида реляционного исчисления - исчисление доменов и исчисление предикатов.**

**Конкретный язык манипулирования реляционными БД называется реляционно полным, если любой запрос, выражаемый с помощью одного выражения реляционной алгебры или одной формулы реляционного исчисления, может быть выражен с помощью одного оператора этого языка.**.

## 4.1 Обзор реляционной алгебры

. Замкнутость реляционной алгебры

Реляционная алгебра представляет собой набор операторов, использующих отношения в качестве аргументов, и возвращающие отношения в качестве результата. Таким образом, реляционный оператор *f* выглядит как функция с отношениями в качестве аргументов: *R*=*f*(*R1, R2,…Rn*)

Реляционная алгебра является замкнутой, т.к. в качестве аргументов в реляционные операторы можно подставлять другие реляционные операторы, подходящие по типу: *R*=*f*(*f1*(*R11, R12,…R1n*),  *f2*(*R21, R22,…R2n*),…)

Традиционно, вслед за Коддом [43], определяют восемь реляционных операторов, объединенных в две группы.

Теоретико-множественные операторы:

-Объединение

-Пересечение

-Вычитание

-Декартово произведение

Специальные реляционные операторы:

-Выборка

-Проекция

-Соединение

-Деление

Не все они являются независимыми, т.е. некоторые из этих операторов могут быть выражены через другие реляционные операторы.

#### Отношения, совместимые по типу

Отношения **совместимые 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*.

Некоторые отношения не являются совместимыми по типу, но становятся таковыми после некоторого переименования атрибутов. Для того чтобы такие отношения можно было использовать в реляционных операторах, вводится вспомогательный оператор **переименования атрибутов**.

Синтаксис: *R* RENAME *Atr1*, *Atr2*, … AS *NewAtr1*, *NewAtr2*, …,

## 4.2 Теоретико-множественные операторы

**Объединение**

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

Синтаксис: *A* UNION *B*

**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*.

Синтаксис операции пересечения: *A* 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*.

Синтаксис операции вычитания: ***A* MINUS *B***

**Декартовым произведением**двух отношений *A*(*A1*, *A2*,…*An*) и *B*(*B1*, *B2*,…*Bm*) называется отношение, заголовок которого является ***сцеплением заголовков*** отношений *A* и *B*: (*A1*, *A2*,…*An*, *B1*, *B2*,…*Bm*), а тело состоит из кортежей, являющихся ***сцеплением кортежей*** отношений *A* и *B*: (*a1*, *a2*, …*an*, *b1*, *b2*,…*bm*), таких, что (*a1*, *a2*, …*an*)∈*A*, (*b1*, *b2*,…*bm*)∈*B*.

Синтаксис операции декартового произведения: ***A* TIMES *B***

## 4.3 Специальные реляционные операторы

**Выборкой (ограничением, селекцией)**на отношении *A* с условием *c* называется отношение с тем же заголовком, что и у отношения *A*, и телом, состоящем 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.

В простейшем случае условие *c* имеет вид *X*Θ*Y*, где Θ- один из операторов сравнения (=, <>, <, <=, >, >= и т.д.), а *X* и *Y* - атрибуты отношения *A* или скалярные значения. Такие выборки называются Θ-***выборки*** (***тэта-выборки***) или Θ-***ограничения***, Θ-***селекции***.

Синтаксис операции выборки: *A* WHERE *c*, или *A* WHERE *X*Θ*Y*

*Проекция*

**Проекцией** отношения *A* по атрибутам *X*, *Y*,…, *Z*, где каждый из атрибутов принадлежит отношению *A*, называется отношение с заголовком (*X*, *Y*,…, *Z*) и телом, содержащим множество кортежей вида (*x*, *y*,…, *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*.

Синтаксис операции проекции: ***A*[*X*, *Y*,…, *Z*]**

Соединение

Операция соединения отношений, наряду с операциями выборки и проекции, является одной из наиболее важных реляционных операций.

Обычно рассматривается несколько разновидностей операции соединения:

-Общая операция соединения

-Θ-соединение (тэта-соединение)

-Экви-соединение

-Естественное соединение

Наиболее важным из этих частных случаев является операция естественного соединения. Все разновидности соединения являются частными случаями общей операции соединения.

*Общая операция соединения*

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

**(*A* TIMES *B*) WHERE *c***

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

Т. о., операция соединения есть результат последовательного применения операций декартового произведения и выборки. Если в отношениях *A* и *B* имеются атрибуты с одинаковыми наименованиями, то перед выполнением соединения такие атрибуты необходимо переименовать.

*Тэта-соединение*

Пусть отношение *A* содержит атрибут *X*, отношение *B* содержит атрибут *Y*, а Θ- один из операторов сравнения (=, <>, <, <=, >, >= и т.д.). Тогда Θ-**соединением**отношения *A* по атрибуту *X* с отношением *B* по атрибуту *Y* называют отношение: **(*A* TIMES *B*) WHERE *X*Θ*Y***

Это частный случай операции общего соединения. Иногда, для операции Θ-соединения применяют следующий, более короткий синтаксис: *A*[*X*Θ*Y*]*B*

.

*Экви-соединение*

Наиболее важным частным случаем Θ-соединения является случай, когда Θ есть просто равенство.

Синтаксис ***экви-соединения***: ***A*[*X*=*Y*]*B***

**Пример 9**. Пусть имеются отношения *P*, *D* и *PD*, хранящие информацию о лекторах, дисциплинах и количестве вычитываемых часов (для удобства введем краткие наименования атрибутов):

*Естественное соединение*

Пусть даны отношения *A*(*A1*, *A2*,…,*An*; *X1*, *X2*, …, *Xp*) и *B*(*X1*, *X2*,…,*Xp*; *B1*, *B2*,…*Bm*), имеющие одинаковые атрибуты *X1*, *X2*,…,*Xp* (т.е. атрибуты с одинаковыми именами и определенные на одинаковых доменах).

Тогда **естественным соединением**отношений *A* и *B* называется отношение с заголовком (*A1*, *A2*, …, *An*, *X1*, *X2*, …, *Xp*, *B1*, *B2*, …, *Bm*) и телом, содержащим множество кортежей, таких, что (*a1*, *a2*, …, *an*, *x1*, *x2*, …, *xp*)∈*A* и (*x1*, *x2*, …, *xp, b1*, *b2*, …, *bm*,)∈*B*.

Естественное соединение настолько важно, что для него используют специальный синтаксис: ***A* JOIN *B***

**Деление**

Пусть даны отношения *A*(*X1*, *X2*,…,*Xn*; *Y1*, *Y2*,…*Ym*) и *B*(*Y1*, *Y2*,…*Ym*), причем атрибуты *Y1*, *Y2*,…*Ym* - общие для двух отношений.

**Делением отношений***A* на *B* называется отношение с заголовком (*X1*, *X2*,…,*Xn*) и телом, содержащим множество кортежей (*x1*, *x2*,…*xn*), таких, что для *всех* кортежей (*y1*, *y2*, …, *ym*)∈*B* в отношении *A* найдется кортеж (*x1*, *x2*, …, *xn*, *y1*, *y2*, …, *ym*).

Отношение *A* выступает в роли ***делимого***, отношение *B* выступает в роли ***делителя***. Деление отношений аналогично делению чисел с остатком.

Синтаксис операции деления: ***A* DEVIDEBY *B***