



# Лекция 6

## РЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДАнных.

### Часть 2.

## Операции над отношениями.



# Операции над отношениями

Существует два эквивалентных математических аппарата:

*реляционная алгебра и реляционное исчисление.*

**Реляционная алгебра** задает набор операторов для выполнения операций над *реляционными отношениями*.

Операции реляционной алгебры можно разделить на две группы:

*базовые теоретико-множественные*

и

*специальные реляционные.*



Первая группа операций (*базовые теоретико–множественные*) включает в себя **операторы**, представляющие собой традиционные операции над множествами, а именно:

- объединение отношений;
- пересечение отношений;
- разность (вычитание) отношений;
- декартово произведение отношений.



Вторая группа (*специальные реляционные*) представляет собой специальные **реляционные операторы**:

- выборка (селекция);
- проекция;
- соединение отношений;
- деление отношений.

Операции реляционной алгебры могут выполняться над **одним (унарная операция)** или **двумя отношениями (бинарная операция)**.

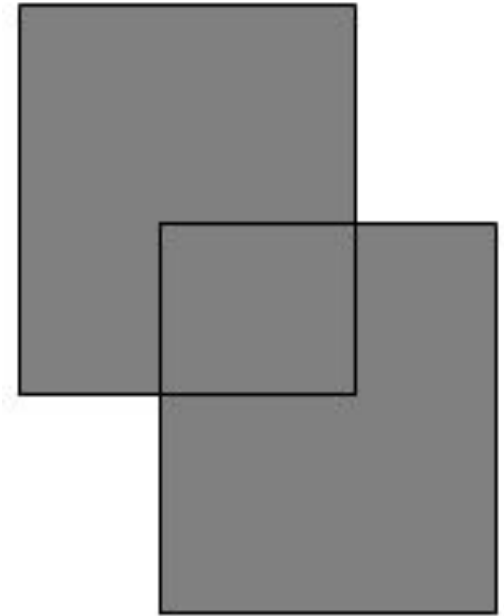
При выполнении **бинарной операции** участвующие в операциях отношения должны быть *совместимы по структуре*.

Отношения называются ***совместимыми***, если число и состав их атрибутов совпадают, то есть **схемы отношений одинаковые**.



# Теоретико–множественные операции над отношениями

1) **Объединение (UNION)** двух совместимых отношений  $R_1$  и  $R_2$  одинаковой размерности – это отношение  $R$ , содержащее все элементы исходных отношений. Повторяющиеся кортежи не включаются.



$R_1 \cup R_2$



# Пример 1 . *Объединение отношений*

R1

Код студента	Фамилия	Город
C1	Васильев	Самара
C2	Перов	Тольятти
C3	Титов	Тольятти
C4	Павлов	Москва

R2

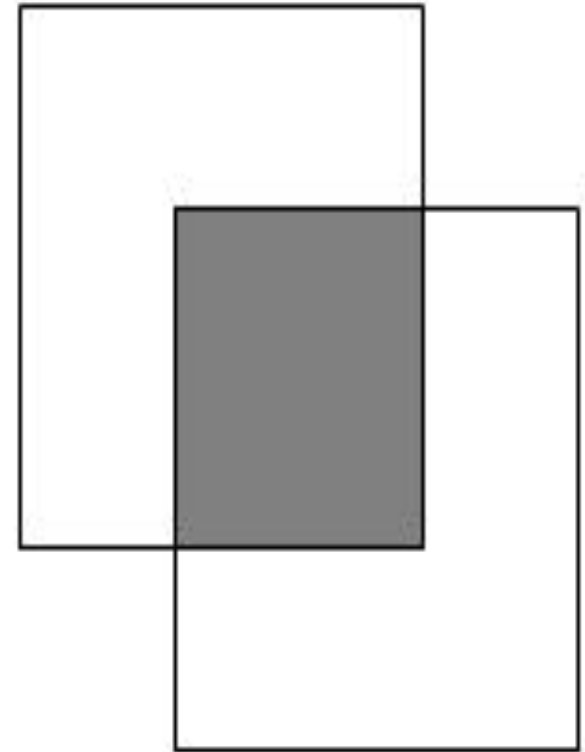
Код студента	Фамилия	Город
C1	Васильев	Самара
C2	Перов	Тольятти
C5	Сидоров	Тольятти
C6	Афанасьев	Москва

**R (R1 UNION R2)**

Код студента	Фамилия	Город
C1	Васильев	Самара
C2	Перов	Тольятти
C3	Титов	Тольятти
C4	Павлов	Москва
C5	Сидоров	Тольятти
C6	Афанасьев	Москва



**2) Пересечение (INTERSECT)**  
двух совместимых по типу  
отношений  $R1$  и  $R2$  одинаковой  
размерности – это отношение  $R$   
телом, включающим в себя  
кортежи, одновременно  
принадлежащие обоим  
отношениям.



$R1 \cap R2$





## Пример 2. *Пересечение отношений*

Пусть входные отношения  $R1$  и  $R2$  имеют тот же вид, что в Примере 1, тогда на выходе получим:

### $R (R1 \text{ INTERSECT } R2)$

Код студента	Фамилия	Город
C1	Васильев	Самара
C2	Перов	Тольятти

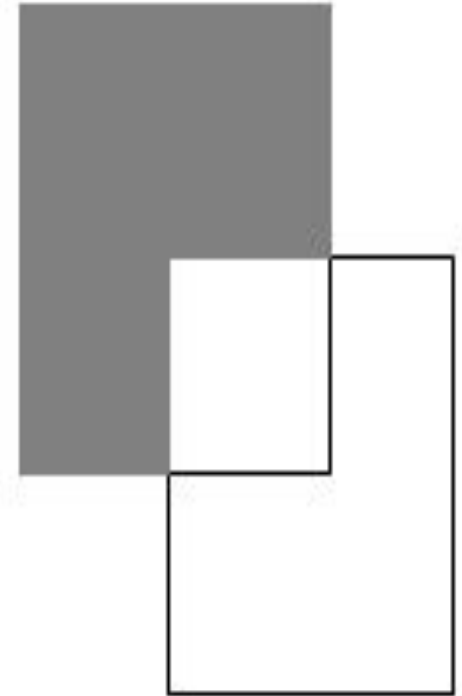
R1

Код студента	Фамилия	Город
C1	Васильев	Самара
C2	Перов	Тольятти
C3	Титов	Тольятти
C4	Павлов	Москва

R2

Код студента	Фамилия	Город
C1	Васильев	Самара
C2	Перов	Тольятти
C5	Сидоров	Тольятти
C6	Афанасьев	Москва

3) **Вычитание (MINUS)** двух совместимых по типу отношений  $R1$  и  $R2$  одинаковой размерности – это отношение  $R$  с телом, состоящим из множества всех кортежей, принадлежащих отношению  $R1$  и не принадлежащих отношению  $R2$ .

 $R1 - R2$

### Пример 3. *Вычитание отношений*

Пусть входные отношения  $R1$  и  $R2$  опять имеют тот же вид, что в Примере 1, тогда на выходе получим:

#### $R (R1 \text{ MINUS } R2)$

Код студента	Фамилия	Город
С3	Титов	Тольятти
С4	Павлов	Москва

#### R1

Код студента	Фамилия	Город
С1	Васильев	Самара
С2	Перов	Тольятти
С3	Титов	Тольятти
С4	Павлов	Москва

#### R2

Код студента	Фамилия	Город
С1	Васильев	Самара
С2	Перов	Тольятти
С5	Сидоров	Тольятти
С6	Афанасьев	Москва



4) *Декартово произведение отношений (TIMES)* – это бинарный оператор, предназначенный для комбинирования двух отношений.

Пусть  $R1$  отношение степени  $k_1$ , а  $R2$  отношение степени  $k_2$ .  
 $R = R1 \times R2$  будет представлять собой множество кортежей таких, что первые  $k_1$  элементов кортежа отношения  $R$  составляют кортежи отношения  $R1$ , а последующие  $k_2$  элемента кортежа из  $R$  состоятся кортежами из  $R2$ . Сочетание кортежей из  $R1$  и  $R2$  при образовании кортежа  $R$  осуществляется по правилам декартова произведения.

- Здесь  $R1$  и  $R2$  могут иметь разные схемы.
- Степень отношения  $R$  равна сумме степеней отношений операндов  $R1$  и  $R2$ .
- Мощность отношения  $R$  равна произведению мощностей  $R1$  и  $R2$ .



# Пример 4. *Произведение отношений*

R1

Код студента	Фамилия
С3	ТИТОВ
С4	Павлов

R2

Код дисциплины	Название
Д1	Информатика
Д2	Базы данных
Д3	Физика

R (R1×R2)

Код студента	Фамилия	Код дисциплины	Название
С3	ТИТОВ	Д1	Информатика
С3	ТИТОВ	Д2	Базы данных
С3	ТИТОВ	Д3	Физика
С4	Павлов	Д1	Информатика
С4	Павлов	Д2	Базы данных
С4	Павлов	Д3	Физика



# Специальные реляционные операторы

1) **Выборка** ( $R$  WHERE  $f$ ) отношения  $R$  по формуле  $f$  представляет собой новое отношение, заголовок которого совпадает с заголовком отношения  $R$ , а тело содержит множество кортежей, являющихся подмножеством множества кортежей отношения  $R$ , для которых формула  $f$  принимает значение истина.


Здесь  $f$  – логическая формула (предикат), принимающая значение истина или ложь, образованная операндами, представляющими собой имена атрибутов отношений  $R$  или литералы, а также скалярными операторами сравнения

( $=$ ,  $<>$ ,  $>$ ,  $<$ ,  $>=$ ,  $<=$ ) и логическими операторами И, ИЛИ, НЕ.

**Выбор** – унарная операция.



## Пример 5. *Выборки*

Пусть R – исходное отношение

R

Код студента	Фамилия	Факультет	Курс
001017	Васильев	Информатики	1
002016	Перов	Математики	2
009017	Титов	Электроники	1
087015	Павлов	Информатики	3
005017	Афанасьев	Математики	1

Тогда отношение, полученное с помощью оператора **R WHERE Курс = 1**, будет иметь вид:

R WHERE Курс = 1

Код студента	Фамилия	Факультет	Курс
001017	Васильев	Информатики	1
009017	Титов	Электроники	1
005017	Афанасьев	Математики	1



## Пример 5. *Выборки*

Пусть R – исходное отношение

R

Код студента	Фамилия	Факультет	Курс
001017	Васильев	Информатики	1
002016	Перов	Математики	2
009017	Титов	Электроники	1
087015	Павлов	Информатики	3
005017	Афанасьев	Математики	1

А отношение, полученное с помощью оператора

***R WHERE Факультет = “Информатики ” AND Курс = “3”***,

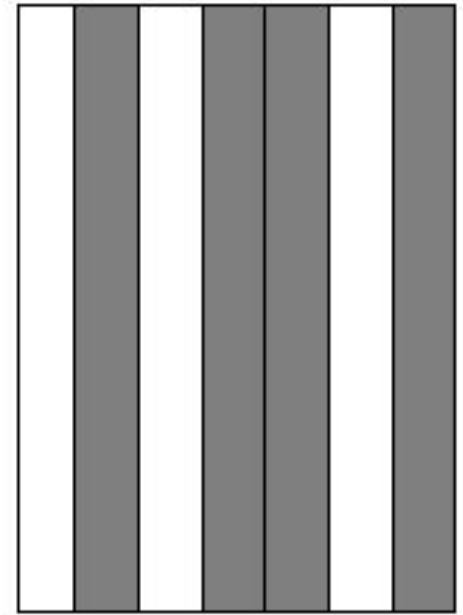
будет иметь вид:

***R WHERE Факультет = “Информатики ” AND Курс = “3”***

Код студента	Фамилия	Факультет	Курс
087015	Павлов	Информатики	3



2) *Проекция* отношения  $R$  по атрибутам  $X, Y, \dots, Z$  обозначается  $R [X, Y, \dots, Z]$ , где каждый из указанных атрибутов принадлежит отношению  $R$ , – это отношение с заголовком  $\{ X, Y, \dots, Z \}$  и телом, содержащим кортежи отношения  $R$ , за исключением повторяющихся кортежей. Повторение одинаковых атрибутов в списке  $X, Y, \dots, Z$  запрещается.



С помощью оператора проекции получается «вертикальное» подмножество атрибутов отношения  $R$  с последующим исключением дублирующих кортежей (если они возникают).



## Пример 6. *Проекция*

Пусть исходным отношением будет отношение  $R$  из Примера 5.

Тогда по атрибутам Фамилия и Факультет получим следующую проекцию:

 $R$ 

Код студента	Фамилия	Факультет	Курс
001017	Васильев	Информатики	1
002016	Перов	Математики	2
009017	Титов	Электроники	1
087015	Павлов	Информатики	3
005017	Афанасьев	Математики	1

 $R[\text{Фамилия, Факультет}]$ 

Фамилия	Факультет
Васильев	Информатики
Перов	Математики
Титов	Электроники
Павлов	Информатики
Афанасьев	Математики

**3) Соединение** – операция реляционной алгебры, связывающая таблицы. Операция соединения используется для связывания данных между таблицами. Это, возможно, наиболее важная функция любого языка баз данных!

**$\Theta$ -соединение отношений**. Пусть отношения  $R1$  и  $R2$  не имеют атрибутов с одинаковыми именами, а символ  $\Theta$  (греческая буква тэта) обозначает один из операторов сравнения:  $=$ ,  $<>$ ,  $>$ ,  $<$ ,  $<=$ ,  $>=$ .

Тогда  $\Theta$ -соединением отношения  $R1$  по атрибуту  $X$  с отношением  $R2$  по атрибуту  $Y$  является отношение, совпадающее с декартовым произведением отношений  $R1$  и  $R2$ , для кортежей которого выражение условия  $X \Theta Y$  принимает значение *истина*.

Другими словами, ТЭТА-соединение это  
 **$(R1 \text{ TIMES } R2) \text{ WHERE } X \Theta Y$**

Очевидно, что сравниваемые атрибуты  $X$  и  $Y$  должны быть определены на общем домене для того, чтобы операция сравнения имела смысл.



## Пример 7. $\Theta$ -соединение

R1 (Пилоты)

Пилот	Статус_П (X)
Иванов	4
Федоров	3
Игнатъев	2
Осипов	1

R2 (Самолеты)

Самолет	Статус_С (Y)
Boeing 737-100	3
ТУ-204	2
Ан-140	1
A380	4

Рабочий процесс организован таким образом, что пилоты имеют право управлять только теми самолетами, у которых статус не выше статуса пилота.

Ответ на вопрос “какие пилоты могут управлять какими самолетами?” дает  $\Theta$ -соединение отношений  $R1$  и  $R2$ :  
 **$(R1 \text{ TIMES } R2) \text{ WHERE } X \geq Y$**

R

Пилот	Статус_П	Самолет	Статус_С
Иванов	4	Boeing 737-100	3
Иванов	4	ТУ-204	2
Иванов	4	Ан-140	1
Иванов	4	A380	4
Федоров	3	Boeing 737-100	3
Федоров	3	ТУ-204	2
Федоров	3	Ан-140	1
Игнатъев	2	ТУ-204	2
Игнатъев	2	Ан-140	1
Осипов	1	Ан-140	1

Частным случаем соединения являются *эквисоединение* и *естественное соединение*.

- Операция *эквисоединения* характеризуется тем, что оператор сравнения в этом соединении это— «=».
- Операция *естественного соединения* (операция ***R1 JOIN R2***) применяется к двум отношениям, имеющим общий атрибут (простой или составной). Этот атрибут в отношениях имеет одно и то же имя (совокупность имен) и определен в одном и том же домене (доменах).

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



## Пример 8. *Естественное соединение*

Пусть необходимо найти естественное соединение отношений *R1* (ПИЛОТЫ) и *R2* (САМОЛЕТЫ) из Примера 7, соединение нужно произвести по общему атрибуту, характеризующему статус (в отношении *R1* – это Статус\_П, а в *R2* – Статус\_С).

Поскольку условие операции требует одинаковости имен атрибутов, по которым выполняется соединение, то применяется операция **RENAME** переименования атрибутов.

Операция переименования позволяет изменить имя атрибута отношения и имеет вид:

**RENAME**<исходное отношение><старое имя атрибута>  
**AS** <новое имя атрибута>.

В результате естественного соединения отношений *R1* и *R2* получим:

**(R1 RENAME Статус\_П AS Статус) JOIN**  
**(R2 RENAME Статус\_С AS Статус)**



## Пример 8. *Естественное соединение* (R1 RENAME Статус\_П AS Статус) JOIN (R2 RENAME Статус\_С AS Статус)

R1 (Пилоты)

Пилот	Статус_П (X)
Иванов	4
Федоров	3
Игнатъев	2
Осипов	1

R2 (Самолеты)

Самолет	Статус_С (Y)
Boeing 737-100	3
ТУ-204	2
Ан-140	1
А380	4

Пилот	Статус	Самолет
Иванов	4	А380
Федоров	3	Boeing 737-100
Игнатъев	2	ТУ-204
Осипов	1	Ан-140



#### *4) Деление отношения.*

Пусть  $R1$  и  $R2$  – два отношения.

Тогда отношение  $R := R1/R2$

**может быть получено следующим образом:**

1. Результирующее отношение  $R$  будет содержать только те атрибуты делимого  $R1$ , которых нет в делителе  $R2$ .
2. В результирующее отношение  $R$  включаются только те кортежи из  $R1$ , декартово произведение которых с делителем  $R2$  содержится в делимом (является подмножеством делимого).



## Пример 9. Деление

Пусть даны два отношения  $R1$  и  $R2$ . Требуется получить список студентов, изучающих все дисциплины, приведённые во втором отношении. Эта операция может быть выполнена путем деления первого отношения на второе.

**R1**

Студент	Дисциплина
Иванов	Информатика
Иванов	Физика
Иванов	Математика
Иванов	Электротехника
Иванов	История
Федоров	Информатика
Федоров	История
Федоров	Математика
Орлов	История
Орлов	Математика
Орлов	Физика
Орлов	БД
Зубков	Информатика
Зубков	Математика
Зубков	Физика

**R2**

Дисциплина
Информатика
Физика

**R (R1 DIVIDE BY R2)**

Студент
Иванов
Зубков