

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича  
Санкт-Петербургский колледж телекоммуникации

# ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ЗАЩИТЫ БАЗ ДАННЫХ

для специальности 230115 "Программирование в компьютерных  
системах"

1

Преподаватель: к.ф-м.н., доцент  
Карелина Ирина Владимировна

Санкт-Петербург  
2016 год

# Базисные средства манипулирования реляционными данными

- Манипуляция данными является частью реляционной модели данных. В манипуляционной составляющей определяются два базовых механизма манипулирования реляционными данными:
  - ✓ основанная на теории множеств реляционная алгебра;
  - ✓ базирующееся на математической логике (точнее, на исчислении предикатов первого порядка) реляционное исчисление.
- В свою очередь, обычно рассматриваются два вида реляционного исчисления
  - ✓ исчисление доменов;
  - ✓ исчисление кортежей.

# Базисные средства манипулирования реляционными данными

- Все эти механизмы обладают одним важным свойством: они замкнуты относительно понятия отношения. Это означает, что выражения реляционной алгебры и формулы реляционного исчисления определяются над отношениями реляционных БД и результатами вычислений также являются отношения. Как следствие, любое выражение или формула могут интерпретироваться как отношение, что позволяет использовать их в других выражениях или формулах.
- 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.
- Выражения реляционной алгебры строятся на основе алгебраических операций (высокого уровня), и подобно тому, как интерпретируются арифметические и логические выражения

# Основы реляционной алгебры

- **Реляционная алгебра** (реляционная алгебра Кодда) – это замкнутая система операций над отношениями в реляционной модели данных. Операции реляционной алгебры также называют *реляционными операциями*.
- Основная идея реляционной алгебры состоит в том, что если отношения являются множествами, то средства манипулирования отношениями могут базироваться на традиционных теоретико-множественных операциях, дополненных специальными операциями, специфичными для баз данных.
- Опишем немного расширенный начальный вариант алгебры, который был предложен Коддом.

# Основы реляционной алгебры

- В состав теоретико-множественных операций входят операции (модифицированные с учетом того, что их операндами являются отношения, а не произвольные множества):
  - ✓ объединения отношений;
  - ✓ пересечения отношений;
  - ✓ взятия разности отношений;
  - ✓ Декартова произведения отношений.
- Специальные реляционные операции включают:
  - ✓ ограничение отношения;
  - ✓ проекцию отношения;
  - ✓ соединение отношений;
  - ✓ деление отношений.

# Основы реляционной алгебры

- Кроме того, в состав алгебры включаются операция присваивания, позволяющая сохранить в базе данных результаты вычисления алгебраических выражений, и операция переименования атрибутов, дающая возможность корректно сформировать заголовки (схему) результирующего отношения.
- N-арную реляционную операцию  $f$  можно представить функцией, возвращающей отношение и имеющей  $n$  отношений в качестве аргументов:

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

- Поскольку реляционная алгебра является замкнутой, в качестве операндов в реляционные операции можно подставлять другие выражения реляционной алгебры (подходящие по типу):

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

# Объединение

- *Объединением* двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  называется отношение с тем же заголовком, что у исходных, и с телом, состоящим из множества всех кортежей, принадлежащих  $A$  или  $B$ , или им обоим.
- Так как в отношении не может быть двух одинаковых кортежей, операция объединения может сопровождаться удалением дубликатов.
- Степень результата будет равна степени исходных отношений, а кардинальное число – не больше, чем сумма кардинальных числе исходных отношений.
- Правила записи реляционных операций могут отличаться. Для записи объединения используют, как правило, одно из двух обозначений:

$A \cup B$

A UNION B

# Объединение

□ Таблица 5.1. Отношение

S	SNAME	CITY	STATUS
S1	Омега	Москва	50
S2	Истэн	Красноярск	25
S3	Рест	Красноярск	25
S4	Вектор	Омск	30

□ Таблица 5.2. Отношение

S	SNAME	CITY	STATUS
S5	Крук и К?	Томск	35
S3	Рест	Красноярск	25
S7	ИБК	Омск	30

□ Таблица 5.3. Операция объединения (A UNION

В)

S	SNAME	CITY	STATUS
S1	Омега	Москва	50
S2	Истэн	Красноярск	25
S3	Рест	Красноярск	25
S4	Вектор	Омск	30
S5	Крук и К?	Томск	35
S7	ИБК	Омск	30



# Пересечение

Пересечением двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  называется отношение с тем же заголовком, что у исходных, и телом, состоящим из множества всех кортежей, принадлежащих обоим отношениям одновременно. Записывается операция так:

$$A \cap B$$

$A \text{ INTERSECT } B$

- Кардинальное число результата пересечения будет не больше, чем наименьшее из кардинальных чисел отношений  $A$  и  $B$ , степень – равна степеням исходных отношений.
- Таблица 5.4. Операция пересечения ( $A \text{ INTERSECT } B$ )

S	SNAME	CITY	STATUS
S3	Рест	Красноярск	25

# Вычитание

- *Вычитанием* двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  называется отношение с тем же заголовком, что у исходных, и телом, состоящим из множества всех кортежей, принадлежащих  $A$  и не принадлежащих  $B$ .
- Формы записи:

$$A \setminus B$$

$$A \text{ MINUS } B$$

- Кардинальное число результата будет не больше кардинального числа  $A$ , степень – равна степеням исходных отношений.
- Таблица 5.5. Операция вычитания ( $A \text{ MINUS } B$ )

S	SNAME	CITY	STATUS
S1	Омега	Москва	50
S2	Истэн	Красноярск	25
S4	Вектор	Омск	30

# Вычитание

- Таблица 5.6. Операция вычитания ( $B \text{ MINUS } A$ )

S	SNAME	CITY	STATUS
S5	Крук и К?	Томск	35
S7	ИБК	Омск	30

- Наследование ключей и имен атрибутов позволило определить заголовков результирующего отношения.
- Встречающийся в обоих отношениях кортеж  $\langle S3, \text{Рест, Красноярск, 25} \rangle$  в результате объединения присутствует в единственном экземпляре, в результате пересечения – является единственным кортежем в теле отношения, в результате вычитания – отсутствует.
- Так же как при вычитании вещественных чисел, результат  $A \setminus B$  в общем случае не равен результату  $B \setminus A$ .

# Декартово произведение

▶ Пересечением двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  называется отношение с тем же заголовком, что у исходных, и телом, состоящим из множества всех кортежей, принадлежащих обоим отношениям одновременно. Записывается операция так:

$$A \cap B$$

$$A \text{ INTERSECT } B$$

- ▶ Кардинальное число результата пересечения будет не больше, чем наименьшее из кардинальных чисел отношений  $A$  и  $B$ , степень – равна степеням исходных отношений.
- ▶ Таблица 5.4. Операция пересечения ( $A \text{ INTERSECT } B$ )

# Декартово произведение

□ Таблица 5.7. Отношение

Номер студента	ФИО
123	Иванов И. И.
124	Петров П. П.
127	Сидоров С.С.

□ Таблица 5.8. Отношение

Предмет
Математика
Физика

□ Таблица 5.9. Декартово произведение (A TIMES B)

Номер студента	ФИО	Предмет
123	Иванов И. И.	Математика
123	Иванов И. И.	Физика
124	Петров П. П.	Математика
124	Петров П. П.	Физика
127	Сидоров С.С.	Математика
127	Сидоров С.С.	Физика

# Операция ограничения

- Первой специальной операцией** реляционной алгебры является горизонтальный выбор, или операция фильтрации, или операция ограничения отношений.
- Результатом ограничения отношения  $A$  по некоторому условию является отношение, имеющее тот же заголовок, что и отношение  $A$ , и включающее кортежи отношения  $A$ , удовлетворяющие этому условию, причем оператор условия должен иметь смысл. Операция ограничения унарна, т.е. применима только к одному отношению. Для обозначения операции ограничения будем использовать конструкцию  $A \text{ WHERE } \text{comp}$ , где  $A$  — ограничиваемое отношение, а  $\text{comp}$  — простое условие сравнения.

- Табл. 5.19. Ограничение отношения  $S$  по условию  $(CITY = 'Красноярск')$

S	SNAME	CITY	STATUS
S2	Истэн	Красноярск	25
S3	Рест	Красноярск	25

# Операция ограничения

- Таблица 5.11. Операция ограничения (A WHERE STATUS >= 30)

S	SNAME	CITY	STATUS
S1	Омега	Москва	50
S4	Вектор	Омск	30

- Можно использовать операции ограничения, в которых условием ограничения является произвольное булевское выражение, составленное из простых условий с использованием логических связок AND, OR и AND и скобок.

- Таблица 5.12. Операция ограничения (A WHERE STATUS < 30 OR CITY = 'Москва')

S	SNAME	CITY	STATUS
S1	Омега	Москва	50
S2	Истэн	Красноярск	25
S3	Рест	Красноярск	25

# Операция проекции

- При выполнении проекции отношения на заданный набор его атрибутов производится отношение, кортежи которого производятся путем взятия соответствующих значений из заданных столбцов кортежей отношения-операнда и последующим исключением дублирующих кортежей из того, что осталось.

- Запись:

A PROJECT {Название атрибута}

- Операция проекции допускает следующие дополнительные варианты записи:
  - ✓ отсутствие списка атрибутов подразумевает указание всех атрибутов (операция тождественной проекции);
  - ✓ результатом пустой проекции является пустое множество;
  - ✓ операция проекции может применяться к произвольному отношению, в том числе и к результату выборки.



# Операция проекции

- Таблица 5.13 Операция проекции (A PROJECT CITY)

CITY
Москва
Красноярск
Омск

- Операция проекции чаще всего употребляется как промежуточный шаг в операциях горизонтального выбора, или фильтрации. Кроме того, она используется самостоятельно на заключительном этапе получения ответа на вопрос.

# Операция деления

- У операции реляционного деления два операнда — бинарное и унарное отношения. Результирующее отношение состоит из одноатрибутных кортежей, включающих значения первого атрибута кортежей первого операнда, таких, что множество значений второго атрибута (при фиксированном значении первого атрибута) совпадает со множеством значений второго операнда.
- Запись:

A DIVIDE BY B

# Операция деления

□ Таблица 5.14. Отношение

ФИО	Дисциплина	Оценка
Иванов Ф. И.	Информационные системы	5
Кириллова Е. Е.	Информационные системы	4
Дудко О. В.	Информационные системы	5
Федорова Д. С.	Информационные системы	5
Ильин Г. С.	Информационные системы	4
Федорова Д. С.	Математика	5
Иванов Ф. И.	Математика	3
Кириллова Е. Е.	Математика	5
Федорова Д. С.	Экология	5
Иванов Ф. И.	Экология	4

□ Таблица 5.15. Отношение

Дисциплина
Информационные системы
Экология
Базы данных

□ Таблица 5.16. Операция деления (A DIVIDE BY B)

ФИО
Иванов Ф. И.
Федорова Д. С.

# Операция соединения

- Соединение  $C_f(R_1, R_2)$  отношений  $R_1$  и  $R_2$  по условию, заданному формулой  $f$ , представляет собой отношение  $R$ , которое можно получить путем декартова произведения отношений  $R_1$  и  $R_2$  с последующим применением к результату операции выборки по формуле  $f$ .
- Эта операция предназначена для тех случаев, когда нужно вместе два отношения на основе некоторых условий или формулы. Правила записи формулы  $f$  те же, что и для операции выборки.
- Другими словами, соединением отношения  $R_1$  по атрибуту  $a$  с отношением  $R_2$  по атрибуту  $b$  (отношения не имеют общих имен атрибутов) является результатом выполнения операции вида  $(R_1 \text{ TIMES } R_2) \text{ WHERE } a \text{ Q } b$ , где  $Q$  – логическое выражение над атрибутами, определенными на одном (нескольких – для составного атрибута) домене. Соединение  $C_f(R_1, R_2)$ , где формула  $f$  имеет произвольный вид (в отличие от частных

# Операция соединения

21

- Таблица 5.17. Отношение  $R_1$

ФИО	Группа	Пол
Иванов Ф. И.	35	М
Кириллова Е. Е.	35	Ж
Потапов В. С.	35	М
Дудко О. В.	38	Ж
Таран О. С.	44	М
Ильин Г. С.	44	М
Федорова Д. С.	35	Ж
Медведева Ж. А.	44	Ж
Пушкина А. А.	44	Ж

- Таблица 5.18. Отношение  $R_2$

Группа	Куратор	Курс
35	Кирсанова А. Н.	3
44	Никитина Л. П.	4
38	Петрова Е. М.	3
24	Долинская Н. А.	2

- Отношение  $R = (R_1 \text{ TIMES } R_2) \text{ WHERE } R_1 \text{ Группа} = R_2 \text{ Группа}$

ФИО	Группа	Пол	Куратор	Курс
Иванов Ф. И.	35	М	Кирсанова А. Н.	3
Кириллова Е. Е.	35	Ж	Кирсанова А. Н.	3
Потапов В. С.	35	М	Кирсанова А. Н.	3
Федорова Д. С.	35	Ж	Кирсанова А. Н.	3
Дудко О. В.	38	Ж	Петрова Е. М.	3

# Операция соединения

- Важными с практической точки зрения частными случаями соединения являются эквисоединение и естественное соединение.
- Операция *эквисоединения* характеризуется тем, что формула задает равенство операндов. Иногда эквисоединение двух отношений выполняется по таким столбцам, атрибуты которых в обоих отношениях имеют соответственно одинаковые имена и домены. В этом случае говорят об эквисоединении по общему атрибуту.
- Операция *естественного соединения* (операция JOIN) применяется к двум отношениям, имеющим общим атрибут (простой или составной). Это атрибут в отношениях имеет одно и то же имя (совокупность имен) и определен на одном и том же домене (доменах).
- Результатом операции естественного соединения является отношение  $R$ , которое представляет собой проекцию эквисоединения отношений  $R_1$  и  $R_2$  по общему атрибуту на объединенную совокупность атрибутов обоих отношений.

# Операция переименования

- Операция переименования производит отношение, тело которого совпадает с телом операнда, но имена атрибутов изменены.

# Операция присваивания

- Операция присваивания позволяет сохранить результат вычисления реляционного выражения в существующем отношении БД. Поскольку результатом любой реляционной операции (кроме операции присваивания) является некоторое отношение, можно образовывать реляционные выражения, в которых вместо отношения-операнда некоторой реляционной операции находится вложенное реляционное выражение.