

# Модуль 1.

---

## **Математические основы баз данных и знаний**

# Лекция 4

---

## Базисные средства манипулирования реляционными данными: реляционная алгебра Кодда

1. Обзор реляционной алгебры Кодда
2. Особенности теоретико-множественных операций реляционной алгебры
3. Специальные реляционные операции

# 1. Обзор реляционной алгебры Кодда

---

**Основная идея реляционной алгебры:**  
*поскольку отношения являются множествами, средства манипулирования отношениями могут базироваться на традиционных теоретико-множественных операциях, дополненных специальными операциями, специфичными для реляционных баз данных.*

# 1. Обзор реляционной алгебры Кодда

---

## Классы операций:

А). Теоретико-множественные операции

Б). Специальные реляционные операции

объединение

ограничение

пересечение

проекция

разность

соединение

декартово произведение

деление

операции присваивания и переименования  
атрибутов

# 1. Обзор реляционной алгебры Кодда

---

## Общая интерпретация реляционных операций

При выполнении операции объединения (UNION) двух отношений с одинаковыми заголовками производится отношение, включающее все кортежи, которые входят хотя бы в одно из отношений-операндов.

Операция пересечения (INTERSECT) двух отношений с одинаковыми заголовками производит отношение, включающее все кортежи, которые входят в оба отношения-операнда.

# 1. Обзор реляционной алгебры Кодда

---

## Общая интерпретация реляционных операций

Отношение - разность (MINUS) двух отношений с одинаковыми заголовками, включает все кортежи, входящие в отношение-первый операнд, такие, что ни один из них не входит в отношение, которое является вторым операндом

При выполнении декартова произведения (TIMES) двух отношений, пересечение заголовков которых пусто, производится отношение, кортежи которого производятся путем объединения кортежей первого и второго операндов.

# 1. Обзор реляционной алгебры Кодда

---

## Общая интерпретация реляционных операций

Результатом ограничения (WHERE) отношения по некоторому условию является отношение, включающее кортежи отношения-операнда, удовлетворяющие этому условию.

При выполнении проекции (PROJECT) отношения на заданное подмножество множества его атрибутов производится отношение, кортежи которого являются соответствующими подмножествами кортежей отношения-операнда.

# 1. Обзор реляционной алгебры

## Кодда

### Общая интерпретация реляционных операций

---

При соединении (JOIN) отношений по некоторому условию образуется отношение, кортежи которого есть объединение кортежей первого и второго отношений и удовлетворяют этому условию.

В операции реляционного деления (DIVIDE BY) результирующее отношение состоит из унарных кортежей, включающих значения первого атрибута кортежей первого операнда таких, что множество значений второго атрибута (при фиксированном значении первого атрибута) включает множество значений второго операнда.



# 1. Обзор реляционной алгебры Кодда

---

## Общая интерпретация реляционных операций

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

Операция присваивания ( $:=$ ) позволяет сохранить результат вычисления реляционного выражения в существующем отношении БД.

# 1. Обзор реляционной алгебры Кодда

| Операция  | Приоритет |
|-----------|-----------|
| RENAME    | 4         |
| WHERE     | 3         |
| PROJECT   | 3         |
| TIMES     | 2         |
| JOIN      | 2         |
| INTERSECT | 2         |
| DIVIDE BY | 2         |
| UNION     | 1         |
| MINUS     | 1         |

Таблица приоритетов операций традиционной реляционной алгебры

## 2. Особенности теоретико-множественных операций реляционной алгебры

СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_1

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ | СЛУ_ЗАРП | СЛУ_ОТД_НОМЕР |
|-----------|---------|----------|---------------|
| 2934      | Иванов  | 22000.00 | 310           |
| 2935      | Петров  | 30000.00 | 310           |
| 2936      | Сидоров | 18000.00 | 313           |
| 2937      | Федоров | 20000.00 | 310           |
| 2938      | Иванова | 22000.00 | 315           |

СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_2

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ   | СЛУ_ЗАРП | СЛУ_ОТД_НОМЕР |
|-----------|-----------|----------|---------------|
| 2934      | Иванов    | 22000.00 | 310           |
| 2935      | Петров    | 30000.00 | 310           |
| 2939      | Сидоренко | 18000.00 | 313           |
| 2940      | Федоренко | 20000.00 | 310           |
| 2941      | Иваненко  | 22000.00 | 315           |

## 2. Особенности теоретико-множественных операций реляционной алгебры

СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_1 UNION СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_2

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ   | СЛУ_ЗАРП | СЛУ_ОТД_НОМЕР |
|-----------|-----------|----------|---------------|
| 2934      | Иванов    | 22000.00 | 310           |
| 2935      | Петров    | 30000.00 | 310           |
| 2939      | Сидоренко | 18000.00 | 313           |
| 2940      | Федоренко | 20000.00 | 310           |
| 2941      | Иваненко  | 22000.00 | 315           |
| 2936      | Сидоров   | 18000.00 | 313           |
| 2937      | Федоров   | 20000.00 | 310           |
| 2938      | Иванова   | 22000.00 | 315           |

СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_1 INTERSECT СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_2

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ | СЛУ_ЗАРП | СЛУ_ОТД_НОМЕР |
|-----------|---------|----------|---------------|
| 2934      | Иванов  | 22000.00 | 310           |
| 2935      | Петров  | 30000.00 | 310           |

СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_1 MINUS СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_2

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ | СЛУ_ЗАРП | СЛУ_ОТД_НОМЕР |
|-----------|---------|----------|---------------|
| 2936      | Сидоров | 18000.00 | 313           |
| 2937      | Федоров | 20000.00 | 310           |
| 2938      | Иванова | 22000.00 | 315           |

## 2. Особенности теоретико-множественных операций реляционной алгебры

---

### Операция расширенного декартова произведения

элементом результирующего отношения является кортеж, который представляет собой объединение одного кортежа первого отношения и одного кортежа второго отношения

## 2. Особенности теоретико-множественных операций реляционной алгебры

### Операция расширенного декартова произведения

Пусть имеются два отношения  $R1\{a1, a2, \dots, an\}$  и  $R2\{b1, b2, \dots, bm\}$ .  
Результат  $R1 \text{ TIMES } R2$  - отношение  $R\{a1, a2, \dots, an, b1, b2, \dots, bm\}$ ,  
тело которого - множество кортежей вида  $\{ra1, ra2, \dots, ran, rb1, rb2, \dots, rbm\}$  таких, что  $\{ra1, ra2, \dots, ran\}$  входит в тело  $R1$ ,  
а  $\{rb1, rb2, \dots, rbm\}$  входит в тело  $R2$

## 2. Особенности теоретико-множественных операций реляционной алгебры

### Операция расширенного декартова произведения

ПРОЕКТЫ

| ПРОЕКТ_НАЗВ | ПРОЕКТ_РУК |
|-------------|------------|
| ПРОЕКТ 1    | Иванов     |
| ПРОЕКТ 2    | Иваненко   |

СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_1 TIMES ПРОЕКТЫ

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ | СЛУ_ЗАРП | СЛУ_ОТД_НОМЕР | ПРОЕКТ_НАЗВ | ПРОЕКТ_РУК |
|-----------|---------|----------|---------------|-------------|------------|
| 2934      | Иванов  | 22000.00 | 310           | ПРОЕКТ 1    | Иванов     |
| 2935      | Петров  | 30000.00 | 310           | ПРОЕКТ 1    | Иванов     |
| 2936      | Сидоров | 18000.00 | 313           | ПРОЕКТ 1    | Иванов     |
| 2937      | Федоров | 20000.00 | 310           | ПРОЕКТ 1    | Иванов     |
| 2938      | Иванова | 22000.00 | 315           | ПРОЕКТ 1    | Иванов     |
| 2934      | Иванов  | 22000.00 | 310           | ПРОЕКТ 2    | Иваненко   |
| 2935      | Петров  | 30000.00 | 310           | ПРОЕКТ 2    | Иваненко   |
| 2936      | Сидоров | 18000.00 | 313           | ПРОЕКТ 2    | Иваненко   |
| 2937      | Федоров | 20000.00 | 310           | ПРОЕКТ 2    | Иваненко   |
| 2938      | Иванова | 22000.00 | 315           | ПРОЕКТ 2    | Иваненко   |

### 3. Специальные реляционные операции

#### операция ограничения

#### A WHERE comp

---

- вид1 (a comp-op b), где a и b – имена атрибутов ограничиваемого отношения
- вид2 (a comp-op const), где a – имя атрибута ограничиваемого отношения, a const – литерально заданная константа
- Операцией сравнения comp-op могут быть «=», «≠», «>», «>=», «<», «<=».



### 3. Специальные реляционные операции операция ограничения

---

- A WHERE (comp1 AND comp2) обозначает то же самое, что и (A WHERE comp1) INTERSECT (A WHERE comp2);
- A WHERE (comp1 OR comp2) обозначает то же самое, что и (A WHERE comp1) UNION (A WHERE comp2);
- A WHERE NOT comp1 обозначает то же самое, что и A MINUS (A WHERE comp1).

### 3. Специальные реляционные операции операция ограничения

СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_1 WHERE (СЛУ\_ЗАРП > 20000.00 AND (СЛУ\_ОТД\_НОМ = 310 OR СЛУ\_ОТД\_НОМ = 315))

(получить данные из отношения СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_1 о служащих, работающих в отделах 310 и 315 и получающих зарплату, превышающую 20 000.00 грн.)

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ | СЛУ_ЗАРП | СЛУ_ОТД_НОМЕР |
|-----------|---------|----------|---------------|
| 2934      | Иванов  | 22000.00 | 310           |
| 2935      | Петров  | 30000.00 | 310           |
| 2938      | Иванова | 22000.00 | 315           |

### 3. Специальные реляционные операции

#### операция проекции

---

Результатом проекции отношения  $A$  на множество атрибутов  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  ( $PROJECT A \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ) является отношение с заголовком, определяемым множеством атрибутов  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , и с телом, состоящим из кортежей вида  $\langle a_1:v_1, a_2:v_2, \dots, a_n:v_n \rangle$  таких, что в отношении  $A$  имеется кортеж, атрибут  $a_1$  которого имеет значение  $v_1$ , атрибут  $a_2$  имеет значение  $v_2$ , ..., атрибут  $a_n$  имеет значение  $v_n$ .

**«вертикальная» вырезка отношения-операнда**

### 3. Специальные реляционные операции операция проекции

---

Результат операции

ПРОЕКТ СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_1 {СЛУ\_ОТД\_НОМ}

(в каких отделах работают служащие, данные о которых  
содержатся в отношении СЛУЖАЩИЕ\_В\_ПРОЕКТЕ\_1?)

| СЛУ_ОТД_НОМЕР |
|---------------|
| 310           |
| 313           |
| 315           |

### 3. Специальные реляционные операции

#### **операция соединения**

---

#### **Разновидности:**

- Общая операция соединения
- $\Theta$  - соединение (тэта-соединение)
- Экви-соединение
- Естественное соединение

### 3. Специальные реляционные операции

## операция соединения

## JOIN

---

Соединением отношений  $A$  и  $B$  по условию  $C$  называется отношение

$(A \text{ TIMES } B) \text{ WHERE } c$

$C$  - логическое выражение, в которое могут входить атрибуты отношений  $A$  и  $B$  и (или) скалярные выражения.

Операция соединения есть результат последовательного применения операций декартового произведения и ограничения.

Если в отношениях  $A$  и  $B$  имеются атрибуты с одинаковыми наименованиями, то перед выполнением соединения такие атрибуты необходимо переименовать.

### 3. Специальные реляционные операции

## операция соединения

# JOIN

СЛУЖАЩИЕ

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ   | СЛУ_ЗАРП | ПРО_НОМ |
|-----------|-----------|----------|---------|
| 2934      | Иванов    | 22400.00 | 1       |
| 2935      | Петров    | 29600.00 | 1       |
| 2936      | Сидоров   | 18000.00 | 1       |
| 2937      | Федоров   | 20000.00 | 1       |
| 2938      | Иванова   | 22000.00 | 1       |
| 2934      | Иванов    | 22400.00 | 2       |
| 2935      | Петров    | 29600.00 | 2       |
| 2939      | Сидоренко | 18000.00 | 2       |
| 2940      | Федоренко | 20000.00 | 2       |
| 2941      | Иваненко  | 22000.00 | 2       |

ПРОЕКТЫ

| ПРО_НОМ | ПРОЕКТ_РУК | ПРО_ЗАРП |
|---------|------------|----------|
| 1       | Иванов     | 22400.00 |
| 2       | Иваненко   | 22400.00 |

### 3. Специальные реляционные операции

## операция соединения

# JOIN

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ | СЛУ_ЗАРП | ПРО_НОМ | ПРО_НОМ1 | ПРОЕКТ_РУК | ПРО_ЗАРП |
|-----------|---------|----------|---------|----------|------------|----------|
| 2935      | Петров  | 29600.00 | 1       | 1        | Иванов     | 22400.00 |
| 2935      | Петров  | 29600.00 | 2       | 2        | Иваненко   | 22400.00 |

Результат операции СЛУЖАЩИЕ JOIN  
ПРОЕКТЫ WHERE (СЛУ\_ЗАРП >  
ПРО\_ЗАРП)



### 3. Специальные реляционные операции

## операция деления

# DIVIDE

СЛУЖАЩИЕ

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ   | СЛУ_ЗАРП | ПРО_НОМ |
|-----------|-----------|----------|---------|
| 2934      | Иванов    | 22400.00 | 1       |
| 2935      | Петров    | 29600.00 | 1       |
| 2936      | Сидоров   | 18000.00 | 1       |
| 2937      | Федоров   | 20000.00 | 1       |
| 2938      | Иванова   | 22000.00 | 1       |
| 2934      | Иванов    | 22400.00 | 2       |
| 2935      | Петров    | 29600.00 | 2       |
| 2939      | Сидоренко | 18000.00 | 2       |
| 2940      | Федоренко | 20000.00 | 2       |
| 2941      | Иваненко  | 22000.00 | 2       |

ПРО\_НОМ

|   |
|---|
| 1 |
| 2 |

Отношение  
Номера  
проектов

Отношение СЛУЖАЩИЕ

### 3. Специальные реляционные операции

#### операция деления

#### **DIVIDE**

---

запрос СЛУЖАЩИЕ DIVIDE BY НОМЕРА\_ПРОЕКТОВ

| СЛУ_НОМЕР | СЛУ_ИМЯ | СЛУ_ЗАРП |
|-----------|---------|----------|
| 2934      | Иванов  | 22400.00 |
| 2935      | Петров  | 29600.00 |

данные обо всех служащих, участвующих во всех проектах