
# Лекция 3: нормализация

# 1. Реляционное представление

ИТМО ВТ

# Реляционная БД

Э. Кодд: любое представление данных можно свести к совокупности **отношений**.

- **Отношение (relation)** - двумерные таблицы особого вида.
- У отношения есть **атрибуты** (столбцы) и **кортежи** (строки).
- У каждого атрибута есть имя.

ИТМО ВТ

# Домены

- Каждый атрибут определяется некоторым допустимым набором значений
- **Домен** — множество значений, допустимых в определенном контексте.
- **Смысл домена**: если значения берутся из одного и того же домена, то они относятся к одному типу — эти значения можно сопоставить (сравнить)

ИТМО ВТ

# Основные правила (1)

- Заголовок отношения — состоит из фиксированного множества атрибутов.

- Тело отношения — состоит из **меняющегося** во времени множества кортежей.

ИТМО ВТ

# Основные правила (2)

- Каждый **кортеж** состоит из множества пар атрибут-значение, по **одной паре** для каждого атрибута из заголовка.

- Для любой заданной пары атрибут(A)-значение(v), v является значением из единственного домена D, который **связан** с атрибутом A.

ИТМО ВТ

# Базовые понятия

- **Степень отношения** — это число его атрибутов (отношение степени один - унарное, степени два — бинарное, степени n — n-арное).

- **Кардинальное число** (мощность отношения) — это число его кортежей.

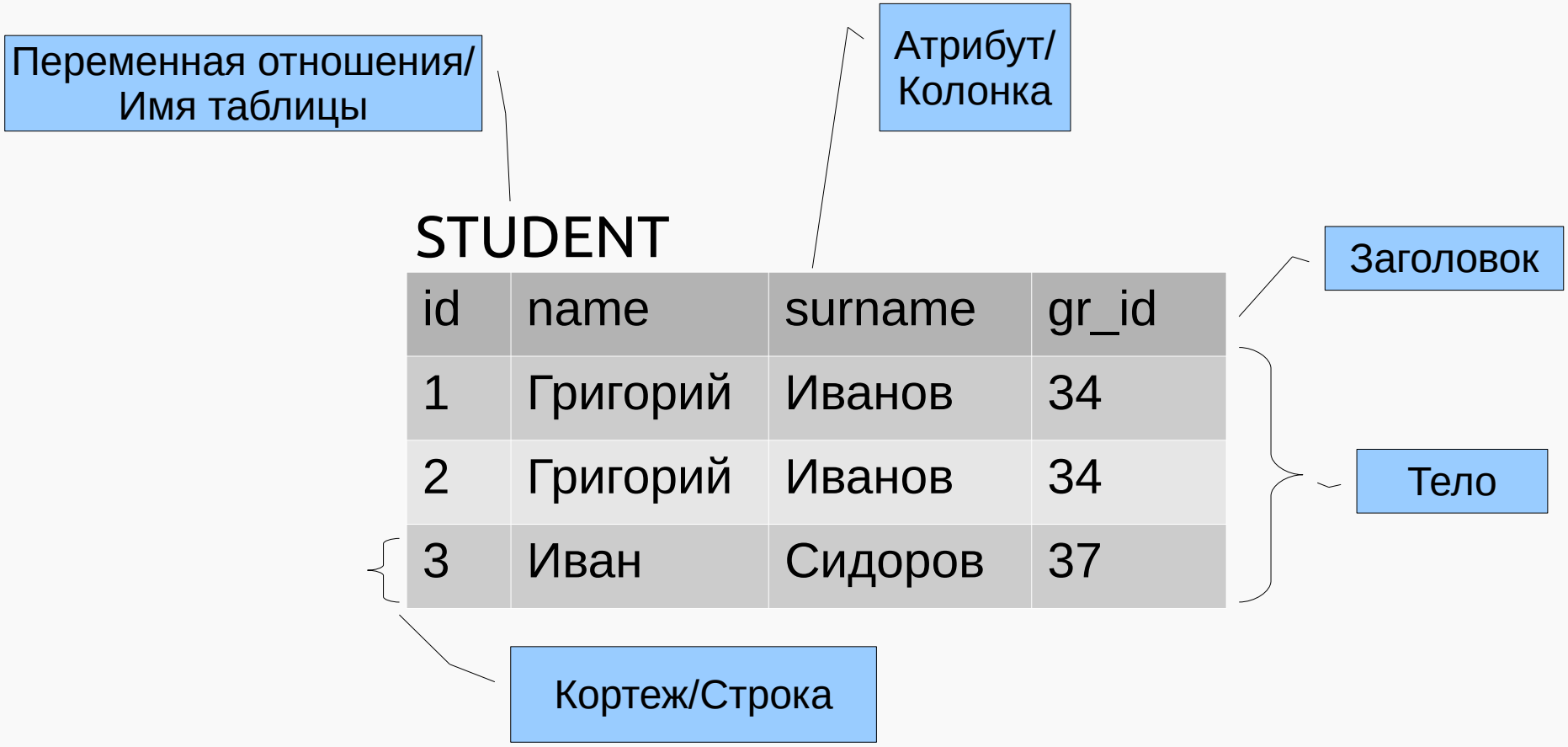
ИТМО ВТ

# Пример

| ID | Surname | Name | Birthday | Location |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Иванов | Василий | 1980-12-01 | г. Москва |
| 2 | Георгиев | Сергей | 1992-03-12 | г. Санкт-Петербург |
| 3 | Васильев | Андрей | 1987-10-14 | г. Оренбург |
| 7 | Романов | Кирилл | 1991-12-01 | NULL |

ИТМО ВТ

# Терминология



ИТМО ВТ

# Операции реляц. алгебры

**Реляционная алгебра** — язык для определения новых отношений на основе существующих.

В реляционной алгебре определен ряд **операций** над отношениями.

**Результат** операции — **новое** отношение.

В операциях будут использоваться обозначения:

- R, S — отношения (таблицы)
- $\varphi$ — предикат (условие), $\varphi_1 \wedge \varphi_2$ — составное условие

ИТМО ВТ

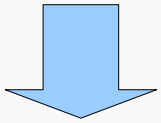
# Операция выборки

- $\sigma_{\varphi}(R)$ — **операция выборки** — в результате операции формируется отношение на основе R, которое содержит только те строки (кортежи), которые удовлетворяют заданному предикату.

ИТМО ВТ

# Операция выборки

```
SELECT * FROM STUDENTS WHERE
        STUDENTS.GROUP = '3100' AND
        STUDENTS.ID >= 150000;
```



$$\sigma_{(STUDENTS.GROUP='3100')\wedge(STUDENTS.ID>=150000)}(STUDENTS)$$

ИТМО ВТ

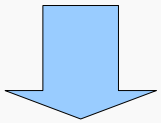
# Проекция

- $\pi_{attr}$**(R) — проекция** — в результате операции формируется новое отношение, содержащее только те атрибуты из R, которые были указаны в проекции:

ИТМО ВТ

# Проекция

SELECT name, group FROM STUDENTS;



$\pi_{name,\ group}(STUDENTS)$

ИТМО ВТ

# Соединение

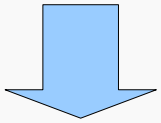
$R \bowtie_\theta S$ — **соединение** (тета-соединение)

$$R \bowtie_\theta S = \sigma_\theta(R \times S)$$

ИТМО ВТ

# Соединение

```
SELECT * FROM STUDENTS
JOIN EXAMS ON STUDENTS.ID = EXAMS.STUD_ID;
```



$$\text{STUDENTS} \bowtie_{\text{STUDENTS.ID=EXAMS.STUD\_ID}} \text{EXAMS}$$

ИТМО ВТ

# Законы

$R \bowtie_{\theta} S \equiv S \bowtie_{\theta} R$ (коммутативность)

$R \bowtie_{\theta} (S \bowtie_{\varphi} T) \equiv (R \bowtie_{\theta} S) \bowtie_{\varphi} T$ (ассоциативность)

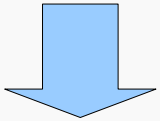
$\sigma_{\theta \wedge \varphi} (R) \equiv \sigma_{\theta} (\sigma_{\varphi} (R))$

...

ИТМО ВТ

# Пример

```
SELECT * FROM STUDENTS
JOIN EXAMS ON STUDENTS.ID = EXAMS.STUD_ID
WHERE
        STUDENTS.GROUP = '3100' AND
        STUDENTS.ID >= 150000;
```

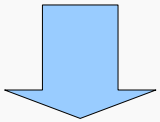


?

ИТМО ВТ

# Пример

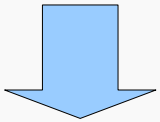
```
SELECT * FROM STUDENTS
JOIN EXAMS ON STUDENTS.ID = EXAMS.STUD_ID
WHERE
        STUDENTS.GROUP = '3100' AND
        STUDENTS.ID >= 150000;
```



$$\sigma_{\text{STUDENTS.GROUP = '3100'} \wedge \text{ STUDENTS.ID >= 150000}} (\text{STUDENTS} \bowtie_{\text{STUDENTS.ID=EXAMS.STUD\_ID}} \text{EXAMS})$$

# Сокращенная запись

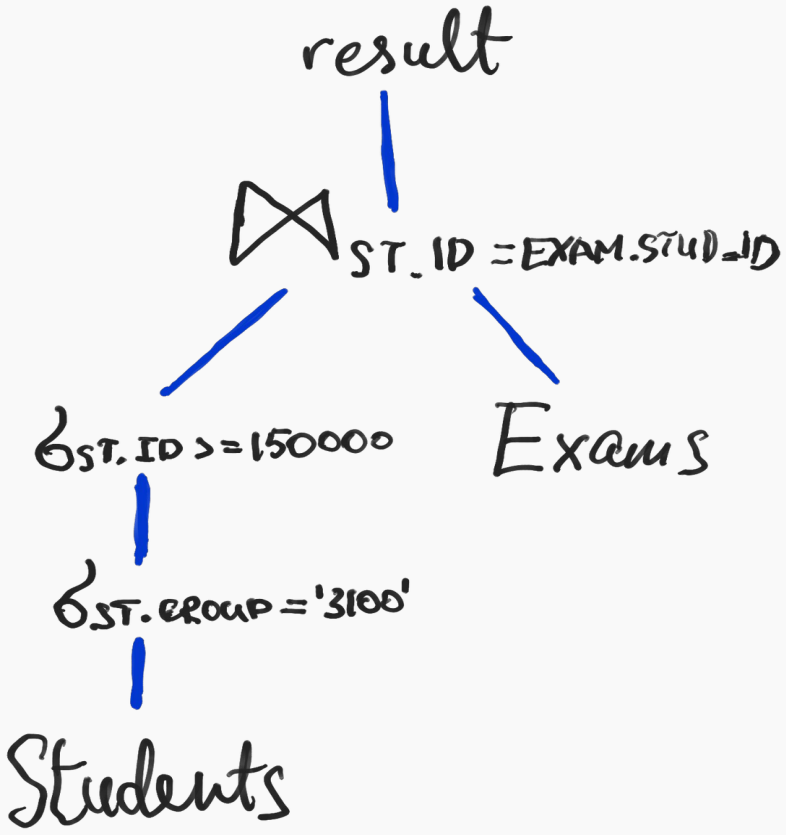
```
SELECT * FROM STUDENTS
JOIN EXAMS ON STUDENTS.ID = EXAMS.STUD_ID
WHERE
        STUDENTS.GROUP = '3100' AND
        STUDENTS.ID >= 150000;
```



$$\sigma_{STUDENTS.GROUP \wedge STUDENTS.ID} (STUDENTS \bowtie_{STUDENTS.ID=EXAMS.STUD\_ID} EXAMS)$$

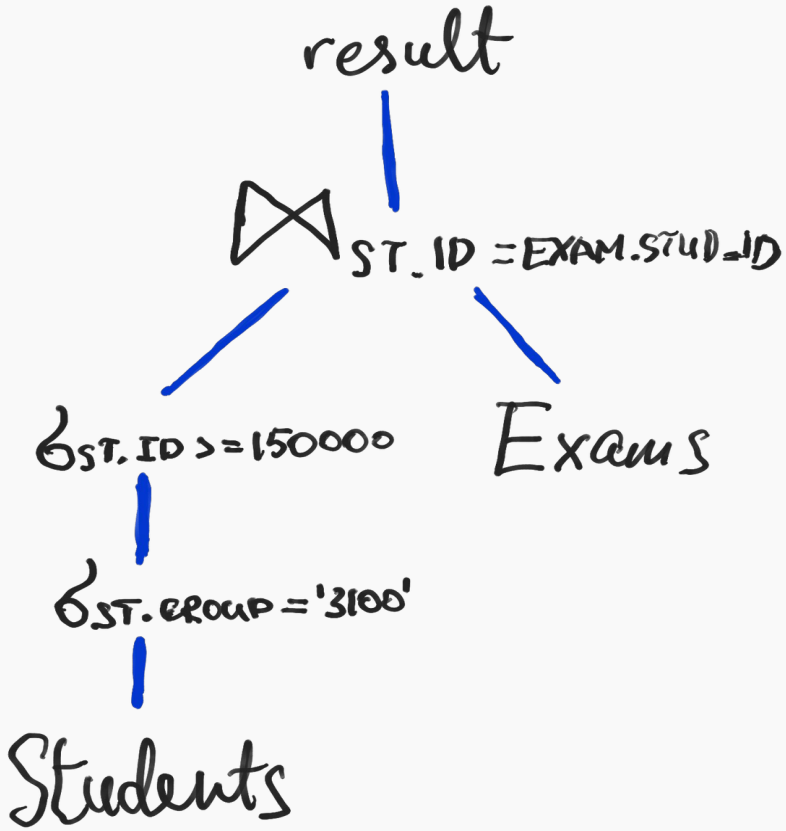
ИТМО ВТ

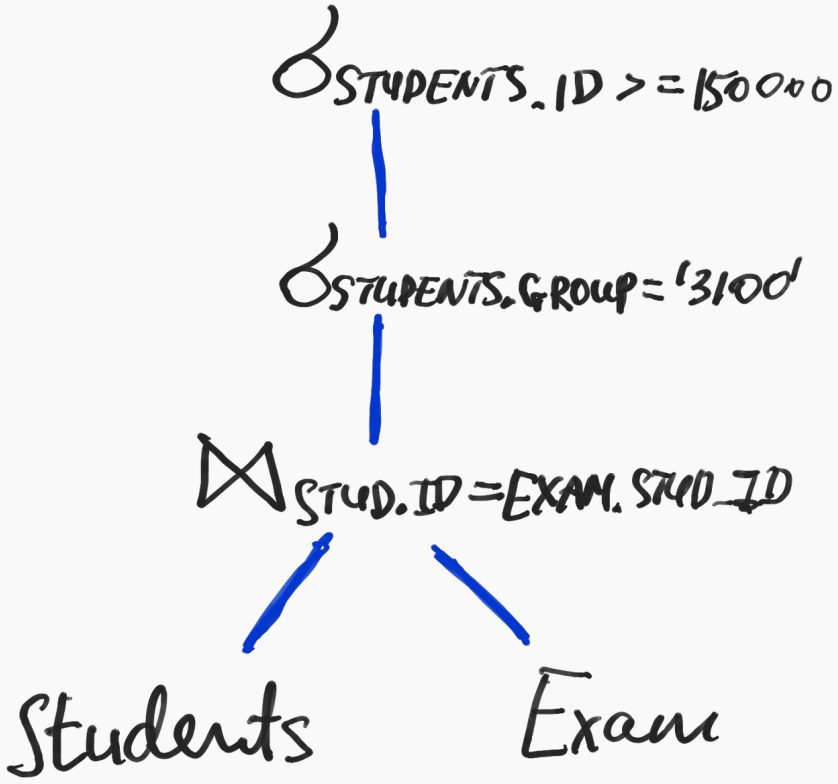
# План выполнения запроса



ИТМО ВТ

# Эквивалентные планы



# 2. Нормализация

ИТМО ВТ

# Как проверить полученные отношения?

Вопросы к полученной модели:

- корректны ли полученные отношения?
- правильно ли выявлено распределение атрибутов по отношениям?

**Нормализация** - формальный метод для проверки/ доработки модели на основе ключей и функциональных зависимостей в отношениях.

ИТМО ВТ

# Возможные проблемы

- Несоответствие смысловых связей реальной предметной области.
- Избыточность данных:

STUDENTS

| StudID | StudName | **Group** | **GrMentor** |
|---|---|---|---|
| 1 | Ivan Petrov | **P3100** | **Egor Kirov** |
| 3 | Vasily Ivanov | **P3101** | **Roman Ivov** |
| 34 | Gleb Anisimov | **P3100** | **Egor Kirov** |

ИТМО ВТ

# Аномалии вставки

```
INSERT INTO STUDENTS
        VALUES(57, 'Nina Simonova', 'P3100', 'E. Kirov');
INSERT INTO STUDENTS
        VALUES(58, 'Petr Uvarov', 'P3100', 'Egor Lomov');
```

STUDENTS

| StudID | StudName | Group | GrMentor |
|---|---|---|---|
| 1 | Ivan Petrov | P3100 | Egor Kirov |
| 3 | Vasily Ivanov | P3101 | Roman Ivov |
| 34 | Gleb Anisimov | P3100 | Egor Kirov |
| 57 | Nina Simonova | **P3100** | **E.Kirov** |
| 58 | Petr Uvarov | **P3100** | **Egor Lomov** |

# Аномалии модификации

```
UPDATE STUDENTS
    SET GrMentor = 'Eugene Lomov'
    WHERE StudName = 'Ivan Petrov';
```

STUDENTS

| StudID | StudName | Group | GrMentor |
|---|---|---|---|
| 1 | Ivan Petrov | P3100 | **Eugene Lomov** |
| 3 | Vasily Ivanov | P3101 | Roman Ivov |
| 34 | Gleb Anisimov | P3100 | Egor Kirov |

# Аномалии удаления

```
DELETE FROM STUDENTS
    WHERE StudName = 'Vasily Ivanov';
```

STUDENTS

| StudID | StudName | Group | GrMentor |
|---|---|---|---|
| 1 | Ivan Petrov | P3100 | Eugene Lomov |
| ~~3~~ | ~~Vasily Ivanov~~ | ~~P3101~~ | ~~Egor Kirov~~ |
| 34 | Gleb Anisimov | P3100 | Egor Kirov |

- Данных о группе P3101 больше нет.

ИТМО ВТ

# Функциональная зависимость

**Функциональная зависимость** — средство для описания связей между атрибутами отношения.

R — отношение

$A_1$, $A_2$ — атрибуты R

ИТМО ВТ

# Функциональная зависимость

Если в R атрибут $A_2$ **функционально зависит** от атрибута $A_1$, то каждое значение $A_1$ связано с одним значением $A_2$ и определяет его.

$A_1 \rightarrow A_2$

$A_1$ — **детерминант** функциональной зависимости.

$A_1$ и $A_2$ могут представлять несколько атрибутов.

ИТМО ВТ

# Пример

- По StudID можно однозначно определить группу:

$$StudID \rightarrow Group$$

- Group не зависит от StudID — возможен один и тот же Group для разных StudID:

$$Group \not\rightarrow StudID$$

STUDENTS

| StudID | StudName | Group | GrMentor |
|---|---|---|---|
| 1 | Ivan Petrov | P3100 | Egor Kirov |
| 3 | Vasily Ivanov | P3101 | Roman Ivov |
| 34 | Gleb Anisimov | P3100 | Egor Kirov |

ИТМО ВТ

# Пример

- Функциональная зависимость определяется смысловыми связями, на основе которых строится отношение.
- Текущие данные в отношении не влияют на функциональные зависимости:

STUDENTS

| StudID | StudName | Group | GrMentor |
|---|---|---|---|
| **12** | Ivan Petrov | **P3101** | Egor Kirov |
| **33** | Vasily Ivanov | **P3102** | Roman Ivov |
| **34** | Gleb Anisimov | **P3103** | Egor Ivanov |

$$StudID \rightarrow Group$$

# Функциональные зависимости

STUDENTS

| StudID | StudName | Group | GrMentor |
|---|---|---|---|
| 12 | Ivan Petrov | P3101 | Egor Kirov |
| 33 | Vasily Ivanov | P3102 | Roman Ivov |
| 34 | Gleb Anisimov | P3103 | Egor Ivanov |

StudID → Group

StudID → GrMentor

Group → GrMentor

StudID → StudName

StudID, StudName → StudName

# Функциональные зависимости

STUDENTS

| StudID | StudName | Group | GrMentor |
|---|---|---|---|
| 12 | Ivan Petrov | P3101 | Egor Kirov |
| 33 | Vasily Ivanov | P3102 | Roman Ivov |
| 34 | Gleb Anisimov | P3103 | Egor Ivanov |

- Тривиальная функциональная зависимость:

$$\text{StudID, StudName} \rightarrow \text{StudName}$$

- Обычно рассматриваются нетривиальные функциональные зависимости.

ИТМО ВТ

# Минимальное множество функц. зависимостей

Множество функциональных зависимостей **минимально**, если:

- у всех зависимостей — один атрибут в правой части;
- $A_1 \rightarrow A_2$ нельзя заменить на $A_3 \rightarrow A_2$ ($A_3$ — подмножество атрибутов $A_1$);
- при удалении любой функц. зависимости из изначального множества не получается эквивалентное множество функц. зависимостей;

ИТМО ВТ

# Аксиомы Армстронга

1) Рефлексивность:

   если $A_2$ — подмножество $A_1$, то $A_1 \rightarrow A_2$

2) Дополнение:

   если $A_1 \rightarrow A_2$, то $A_1,A_3 \rightarrow A_2,A_3$

3) Транзитивность:

   если $(A_1 \rightarrow A_2) \wedge (A_2 \rightarrow A_3)$, то $A_1 \rightarrow A_3$

ИТМО ВТ

# Нормализация

**Нормализация -** формальный метод для проверки/ доработки модели на основе функциональных зависимостей.

- Выполняется в несколько этапов.
- Приводит отношения в состояние, соответствующее определенному набору правил, которые зависят от выбранной **нормальной формы**.

# Ненормализованная форма

Если на пересечении строки и столбца встречается несколько значений:

STUDENTS

| StudID | StudName | ExamID | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov | **34**<br>**78** | **OPD**<br>**DBMS** | **14.01.19**<br>**29.12.20** | **55**<br>**789** | **Rebrov A.**<br>**Uvarov S.** |
| 345 | Egor Kirov | 34<br>87 | OPD<br>History | 14.01.19<br>25.01.19 | 55<br>342 | Rebrov A.<br>Serov G. |

ИТМО ВТ

# Процесс нормализации

STUDENTS

| StudID | StudName | ExamID | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov | **34**<br>**78** | **OPD**<br>**DBMS** | **14.01.19**<br>**29.12.20** | **55**<br>**789** | **Rebrov A.**<br>**Uvarov S.** |
| 345 | Egor Kirov | 34<br>87 | OPD<br>History | 14.01.19<br>25.01.19 | 55<br>342 | Rebrov A.<br>Serov G. |

В дальнейшем при описании нормальных форм предполагается, что в каждом отношении один потенциальный ключ, который является первичным, определения НФ — не строгие.

ИТМО ВТ

# Первая нормальная форма (1НФ)

Отношение, на пересечении каждой строки и столбца — **одно** значение.

**Вариант 1**: сделать из групп значений отдельные строки.

STUDENTS

| StudID | StudName | ExamID | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | Ivan Ivanov | 78 | DBMS | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | Egor Kirov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | Egor Kirov | 87 | History | 25.01.19 | 342 | Serov G. |

# Первая нормальная форма (1НФ)

Отношение, на пересечении каждой строки и столбца — **одно** значение.

**Вариант 2**: разбить на таблицы, чтобы исключить группы

EXAMS

| StudID | ExamID | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|
| 123 | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | 78 | DBMS | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | 87 | History | 25.01.19 | 342 | Serov G. |

STUDENTS

| StudID | StudName |
|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov |
| 345 | Egor Kirov |

ИТМО ВТ

# Вторая нормальная форма (2НФ)

**2НФ** — 1) отношение в 1НФ и 2) атрибуты, не входящие в первичный ключ, в полной функциональной зависимости от первичного ключа отношения.

$A_1$, $A_2$ — атрибуты R

**Полная функциональная зависимость**: $A_2$ в полной функциональной зависимости от $A_1$, если $A_1 \rightarrow A_2$, но нет зависимостей вида $A_3 \rightarrow A_2$, где $A_3$ — подмножество $A_1$.

ИТМО ВТ

# Полная функциональная зависимость

**Полная функциональная зависимость**: $A_2$ в полной функциональной зависимости от $A_1$, если $A_1 \rightarrow A_2$, но нет зависимостей вида $A_3 \rightarrow A_2$, где $A_3$ — подмножество $A_1$.

Из $A_1$ нельзя удалить атрибут, иначе - потеря функц. зависимости $A_1 \rightarrow A_2$

StudID, ExamID $\rightarrow$ ExDate — полная ф.з.

# Вторая нормальная форма (2НФ)

STUDENTS

| **StudID** | StudName | **ExamID** | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | Ivan Ivanov | 78 | DBMS | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | Egor Kirov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | Egor Kirov | 87 | History | 25.01.19 | 342 | Serov G. |

Чтобы привести к 2НФ — убрать частичные зависимости от ключа:

1)удалить атрибуты, зависящие от составляющих ключа из $R_1$;

2)новое отношение $R_2$: удаленные атрибуты из $R_1$ + соответствующий детерминант;

# Преобразование в 2НФ

STUDENTS

| **StudID** | StudName | **ExamID** | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | Ivan Ivanov | 78 | DBMS | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | Egor Kirov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | Egor Kirov | 87 | History | 25.01.19 | 342 | Serov G. |

**StudID, ExamID → StudName**

**StudID, ExamID → ExamName**

Частичная функц. зависимость

StudID, ExamID → ExDate

StudID, ExamID → ProfID

ProfID → ProfName

# Преобразование в 2НФ

STUDENTS

| **StudID** | StudName | **ExamID** | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | Ivan Ivanov | 78 | DBMS | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | Egor Kirov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | Egor Kirov | 87 | History | 25.01.19 | 342 | Serov G. |

**StudID, ExamID → StudName**

**StudID, ExamID → ExamName**

Частичная функц. зависимость

StudID, ExamID → ExDate

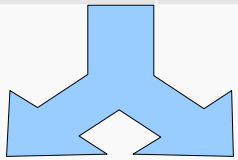
StudID, ExamID → ProfID

ProfID → ProfName

# StudID → StudName

STUDENTS

| **StudID** | StudName | **ExamID** | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | Ivan Ivanov | 78 | DBMS | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | Egor Kirov | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | Egor Kirov | 87 | History | 25.01.19 | 342 | Serov G. |



STUDENTS

| **StudID** | StudName |
|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov |
| 345 | Egor Kirov |

EXAMS

| **StudID** | **ExamID** | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|
| 123 | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | 78 | DBMS | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | 87 | History | 25.01.19 | 342 | Serov G. |

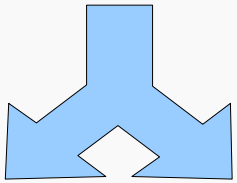
# ExamID → ExamName

STUDENTS

| **StudID** | StudName |
|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov |
| 345 | Egor Kirov |

EXAMS

| **StudID** | **ExamID** | ExamName | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|---|
| 123 | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | 78 | DBMS | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | 34 | OPD | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | 87 | History | 25.01.19 | 342 | Serov G. |



EXAMS

| **ExamID** | ExamName |
|---|---|
| 34 | OPD |
| 78 | DBMS |
| 87 | History |

EXAMS_PARTICIPATION

| **StudID** | **ExamID** | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|
| 123 | 34 | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | 78 | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | 34 | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | 87 | 25.01.19 | 342 | Serov G. |

# Вторая нормальная форма

STUDENTS

| **StudID** | StudName |
|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov |
| 345 | Egor Kirov |

EXAMS

| **ExamID** | ExamName |
|---|---|
| 34 | OPD |
| 78 | DBMS |
| 87 | History |

EXAMS_PARTICIPATION

| **StudID** | **ExamID** | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|
| 123 | 34 | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | 78 | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | 34 | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | 87 | 25.01.19 | 342 | Serov G. |

ИТМО ВТ

# Вторая нормальная форма (2НФ)

Нет **частичных** зависимостей от потенциальных ключей

**StudID** → StudName

**ExamID** → ExamName

**StudID, ExamID** → ExDate

StudID, ExamID → ProfID

ProfID → ProfName

Частичная функц. зависимость

ИТМО ВТ

# Третья нормальная форма (3НФ)

**3НФ** — отношение в 1) 1НФ и 2НФ и 2) все атрибуты, которые не входят в первичный ключ, не находятся в транзитивной функциональной зависимости от первичного ключа.

$A_1$, $A_2$, $A_3$ — атрибуты R

**Транзитивная функциональная зависимость** — если для $A_1$, $A_2$, $A_3$ из R:

$A_1 \rightarrow A_2 \wedge A_2 \rightarrow A_3$

то $A_3$ транзитивно зависит от $A_1$ через $A_2$ ($A_1$ функционально независим от $A_2$,$A_3$).

# Преобразование в 3НФ

STUDENTS

| **StudID** | StudName |
|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov |
| 345 | Egor Kirov |

StudID → StudName

EXAMS

| **ExamID** | ExamName |
|---|---|
| 34 | OPD |
| 78 | DBMS |
| 87 | History |

ExamID → ExamName

EXAMS_PARTICIPATION

| **StudID** | **ExamID** | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|
| 123 | 34 | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | 78 | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | 34 | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | 87 | 25.01.19 | 342 | Serov G. |

StudID, ExamID → ExDate

**StudID, ExamID → ProfID**

**ProfID → ProfName**

Транзитивная зависимость от первичного ключа

# Третья нормальная форма (3НФ)

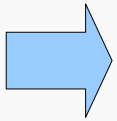
Чтобы привести к 3НФ — убрать транзитивные зависимости:

1)удалить из $R_1$ атрибуты, транзитивно-зависимые от первичного ключа;

2)новое отношение $R_2$: атрибуты (удаленные в 1.) + соответствующий детерминант;

EXAMS_PARTICIPATION

| **StudID** | **ExamID** | ExDate | ProfID | ProfName |
|---|---|---|---|---|
| 123 | 34 | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 123 | 78 | 29.12.20 | 789 | Uvarov S. |
| 345 | 34 | 14.01.19 | 55 | Rebrov A. |
| 345 | 87 | 25.01.19 | 342 | Serov G. |



EXAMS_PARTICIPATION

| **StudID** | **ExamID** | ExDate | ProfID |
|---|---|---|---|
| 123 | 34 | 14.01.19 | 55 |
| 123 | 78 | 29.12.20 | 789 |
| 345 | 34 | 14.01.19 | 55 |
| 345 | 87 | 25.01.19 | 342 |

PROFS

| ProfID | ProfName |
|---|---|
| 789 | Uvarov S. |
| 55 | Rebrov A. |
| 342 | Serov G. |

ИТМО ВТ

# Третья нормальная форма

STUDENTS

| **StudID** | StudName |
|---|---|
| 123 | Ivan Ivanov |
| 345 | Egor Kirov |

EXAMS

| **ExamID** | ExamName |
|---|---|
| 34 | OPD |
| 78 | DBMS |
| 87 | History |

EXAMS_PARTICIPATION

| **StudID** | **ExamID** | ExDate | ProfID |
|---|---|---|---|
| 123 | 34 | 14.01.19 | 55 |
| 123 | 78 | 29.12.20 | 789 |
| 345 | 34 | 14.01.19 | 55 |
| 345 | 87 | 25.01.19 | 342 |

PROFS

| **ProfID** | ProfName |
|---|---|
| 789 | Uvarov S. |
| 55 | Rebrov A. |
| 342 | Serov G. |

ИТМО ВТ

# Третья нормальная форма (3НФ)

Нет **транзитивных** зависимостей от потенциальных ключей:

StudID, ExamID → ExDate

**StudID, ExamID → ProfID**

**ProfID → ProfName**

Транзитивная зависимость от первичного ключа

ИТМО ВТ

# Нормальная форма Бойса-Кодда (НФБК)

**НФБК** — отношение в НФБК, когда для всех функциональных зависимостей отношения выполняется условие: детерминант — потенциальный ключ.

$A_1 \rightarrow A_2$

$A_1$ — **детерминант** функциональной зависимости.

ИТМО ВТ

# Нормализация

- Обычно процесс останавливается на 3НФ или НФБК (в зависимости от предметной области и требований к БД).
- Существуют 4НФ и 5НФ, но используются редко.

ИТМО ВТ

# Денормализация

- Бывает, что для повышения производительности запросов производится денормализация:
  - несколько отношений объединяют в одно;
- В результате:
  - можно повысить эффективность выполнения некоторых запросов (уменьшается число соединений таблиц);
  - увеличивается избыточность данных;
  - требуется больше усилий на поддержание целостности БД;

ИТМО ВТ

# Литература

При подготовке презентации использовались материалы из:

- Введение в реляционные базы данных / В. В. Кириллов, Г. Ю. Громов, Издательство: BHV, 2009 г.
- Документация PostgreSQL.

  https://www.postgresql.org/about/licence/