

# Лекція 15

---

## Нормалізація

**S**

| S# | SNAME | STATUS | CITY   |
|----|-------|--------|--------|
| S1 | Smith | 20     | London |
| S2 | Jones | 10     | Paris  |
| S3 | Blake | 30     | Paris  |
| S4 | Clark | 20     | London |
| S5 | Adams | 30     | Athens |

**J**

| J# | JNAME   | CITY   |
|----|---------|--------|
| J1 | Sorter  | Paris  |
| J2 | Display | Rome   |
| J3 | OCR     | Athens |
| J4 | Console | Athens |
| J5 | RAID    | London |
| J6 | EDS     | Oslo   |
| J7 | Tape    | London |

**SPJ**

| S# | P# | J# | QTY |
|----|----|----|-----|
| S1 | P1 | J1 | 200 |
| S1 | P1 | J4 | 700 |
| S2 | P3 | J1 | 400 |
| S2 | P3 | J2 | 200 |
| S2 | P3 | J3 | 200 |
| S2 | P3 | J4 | 500 |
| S2 | P3 | J5 | 600 |
| S2 | P3 | J6 | 400 |
| S2 | P3 | J7 | 800 |
| S2 | P5 | J2 | 100 |
| S4 | P6 | J3 | 300 |
| S4 | P6 | J1 | 300 |
| S5 | P2 | J2 | 200 |
| S5 | P2 | J4 | 100 |
| S5 | P5 | J5 | 500 |
| S5 | P5 | J7 | 100 |
| S5 | P6 | J2 | 200 |
| S5 | P1 | J4 | 100 |
| S5 | P3 | J4 | 200 |
| S5 | P4 | J4 | 800 |
| S5 | P5 | J4 | 400 |
| S5 | P6 | J4 | 500 |

**P**

| P# | PNAME | COLOR | WEIGHT | CITY   |
|----|-------|-------|--------|--------|
| P1 | Nut   | Red   | 12.0   | London |
| P2 | Bolt  | Green | 17.0   | Paris  |
| P3 | Screw | Blue  | 17.0   | Oslo   |
| P4 | Screw | Red   | 14.0   | London |
| P5 | Cain  | Blue  | 12.0   | Paris  |
| P6 | Cog   | Red   | 19.0   | London |

**SCP**

| S# | CITY   | P# | QTY |
|----|--------|----|-----|
| S1 | London | P1 | 100 |
| S1 | London | P2 | 100 |
| S2 | Paris  | P1 | 200 |
| S2 | Paris  | P2 | 200 |
| S3 | Paris  | P2 | 300 |
| S4 | London | P2 | 400 |
| S5 | London | P4 | 500 |
| S6 | London | P5 | 600 |

# Нормалізація

---

**S**

| S# | SNAME | STATUS | CITY   |
|----|-------|--------|--------|
| S1 | Smith | 20     | London |
| S2 | Jones | 10     | Paris  |
| S3 | Blake | 30     | Paris  |
| S4 | Clark | 20     | London |
| S5 | Adams | 30     | Athens |

**SC**

| S# | SNAME | STATUS |
|----|-------|--------|
| S1 | Smith | 20     |
| S2 | Jones | 10     |
| S3 | Blake | 30     |
| S4 | Clark | 20     |
| S5 | Adams | 30     |

**SP**

| S# | P# | QTY |
|----|----|-----|
| S1 | P1 | 100 |
| S1 | P2 | 100 |
| S2 | P1 | 200 |
| S2 | P2 | 200 |
| S3 | P2 | 300 |
| S4 | P2 | 400 |
| S5 | P4 | 500 |
| S6 | P5 | 600 |

**SCP**

| S# | CITY   | P# | QTY |
|----|--------|----|-----|
| S1 | London | P1 | 100 |
| S1 | London | P2 | 100 |
| S2 | Paris  | P1 | 200 |
| S2 | Paris  | P2 | 200 |
| S3 | Paris  | P2 | 300 |
| S4 | London | P2 | 400 |
| S5 | London | P4 | 500 |
| S6 | London | P5 | 600 |

# Нормалізація

---

- Нормалізація – формальний метод аналізу відношень на основі їх потенційних ключів та існуючих функціональних залежностей.
- Нормалізація - послідовне зведення заданого набору змінних відношень до деякої більш бажаної форми.

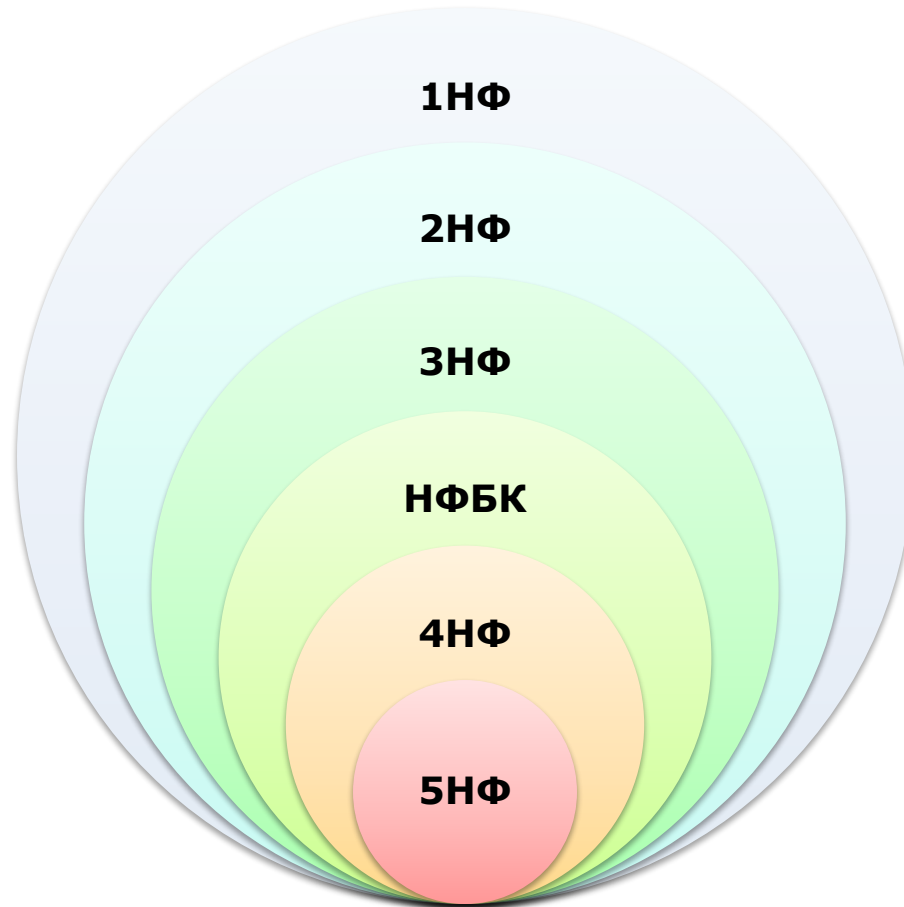
# Нормальні форми

---

- ☐ Перша нормальна форма
- ☐ Друга нормальна форма
- ☐ Третя нормальна форма
- ☐ Нормальна форма Бойса-Кодда
- ☐ Четверта нормальна форма
- ☐ П'ята нормальна форма

# Нормальні форм

---



# Перша нормальна форма

---

**S**

| SNAME        | PHONES   |
|--------------|----------|
| Smith        | 555-0121 |
|              | 555-2804 |
| Ned Flanders | 555-8904 |

**S**

| SNAME        | PHONES   |
|--------------|----------|
| Smith        | 555-0121 |
| Smith        | 555-2804 |
| Ned Flanders | 555-8904 |

# Перша нормальна форма

---

**SC**

| S# | SNAME | COLORS                   |
|----|-------|--------------------------|
| S1 | Smith | Red, Blue, Green, Brown  |
| S2 | Jones | Fuchsia, Yellow          |
| S3 | Blake | Black, Lime, Blue        |
| S4 | Clark | Gray, Brown              |
| S5 | Adams | Olive, Silver, Red, Gold |

**SC**

| S# | SNAME | COLORS  |
|----|-------|---------|
| S1 | Smith | Red     |
| S1 | Smith | Blue    |
| S1 | Smith | Green   |
| S1 | Smith | Brown   |
| S2 | Jones | Fuchsia |
| S2 | Jones | Yellow  |
| S3 | Blake | Black   |
| S3 | Blake | Lime    |
| S3 | Blake | Blue    |
| S4 | Clark | Gray    |
| S4 | Clark | Brown   |
| S5 | Adams | Olive   |
| S5 | Adams | Silver  |
| S5 | Adams | Red     |
| S5 | Adams | Gold    |

# Перша нормальна форма

---

- Змінна відношення знаходиться у 1НФ тоді і тільки тоді, коли в будь-якому допустимому значенні цієї змінної відношення кожний її кортеж містить тільки одне значення для кожного з атрибутів.

# Декомпозиція без втрат

---

**S**

| S# | STATUS | CITY   |
|----|--------|--------|
| S3 | 30     | Paris  |
| S5 | 30     | Athens |

**SST**

a)

| S# | STATUS |
|----|--------|
| S3 | 30     |
| S4 | 30     |

**SC**

| S# | CITY   |
|----|--------|
| S3 | Paris  |
| S5 | Athens |

**SST**

б)

| S# | STATUS |
|----|--------|
| S3 | 30     |
| S4 | 30     |

**STC**

| STATUS | CITY   |
|--------|--------|
| 30     | Paris  |
| 30     | Athens |

# Декомпозиція без втрат

**S**

| S# | STATUS | CITY   |
|----|--------|--------|
| S3 | 30     | Paris  |
| S5 | 30     | Athens |

$S\# \rightarrow \text{STATUS}$

$S\# \rightarrow \text{CITY}$

**SST**

a)

| S# | STATUS |
|----|--------|
| S3 | 30     |
| S4 | 30     |

$S\# \rightarrow \text{STATUS}$

**SC**

| S# | CITY   |
|----|--------|
| S3 | Paris  |
| S5 | Athens |

$S\# \rightarrow \text{CITY}$

**SST**

6)

| S# | STATUS |
|----|--------|
| S3 | 30     |
| S4 | 30     |

$S\# \rightarrow \text{STATUS}$

**STC**

| STATUS | CITY   |
|--------|--------|
| 30     | Paris  |
| 30     | Athens |

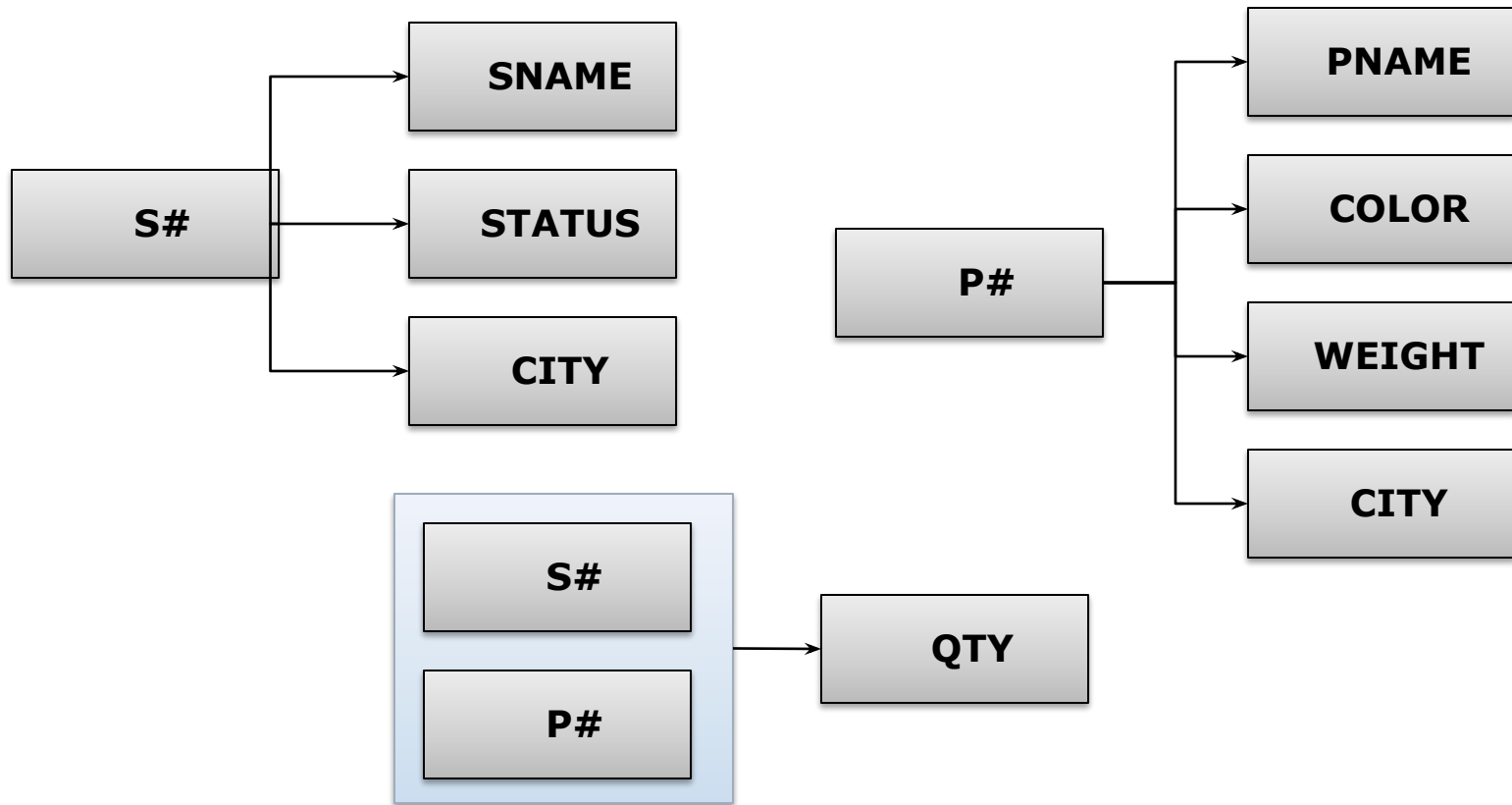
# Теорема Хіта

---

- Нехай  $R\{A, B, C\}$  є змінною відношенням, де  $A, B$  і  $C$  — множини атрибутів цієї змінної відношення. Якщо  $R$  задовольняє функціональній залежності  $A \rightarrow B$ , то  $R$  дорівнює з'єднанню її проєкцій по атрибутам  $\{A, B\}$  і  $\{A, C\}$ .
- Декомпозиція змінної відношення  $R$  на проєкції  $R_1, R_2, \dots, R_n$  виконується без втрат, якщо  $R$  дорівнює з'єднанню  $R_1, R_2, \dots, R_n$ .

# Діаграми функціональних залежностей

---



# Перша нормальна форма

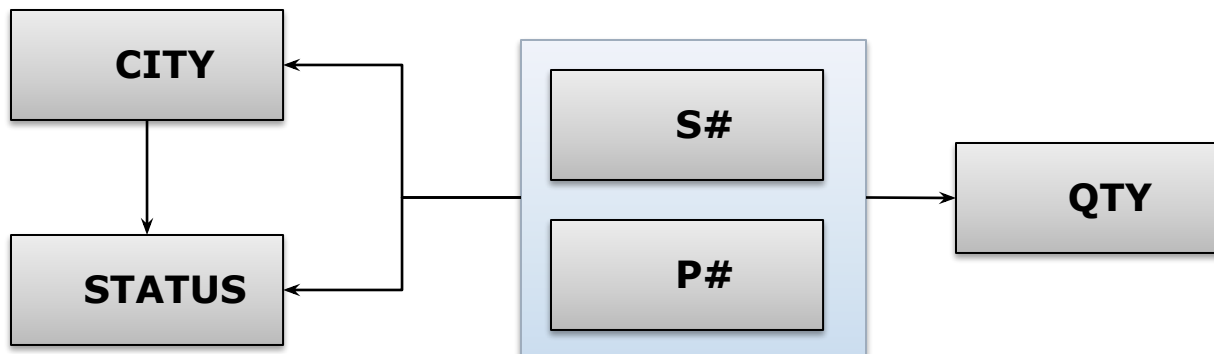
---

## FIRST

| S# | CITY   | STATUS | P# | QTY |
|----|--------|--------|----|-----|
| S1 | London | 20     | P1 | 300 |
| S1 | London | 20     | P2 | 200 |
| S1 | London | 20     | P3 | 400 |
| S1 | London | 20     | P4 | 200 |
| S1 | London | 20     | P5 | 100 |
| S1 | London | 20     | P6 | 100 |
| S2 | Paris  | 10     | P1 | 300 |
| S2 | Paris  | 10     | P2 | 400 |
| S3 | Paris  | 10     | P2 | 200 |
| S4 | London | 20     | P2 | 200 |
| S4 | London | 20     | P4 | 300 |
| S4 | London | 20     | P5 | 400 |

# Перша нормальна форма

---



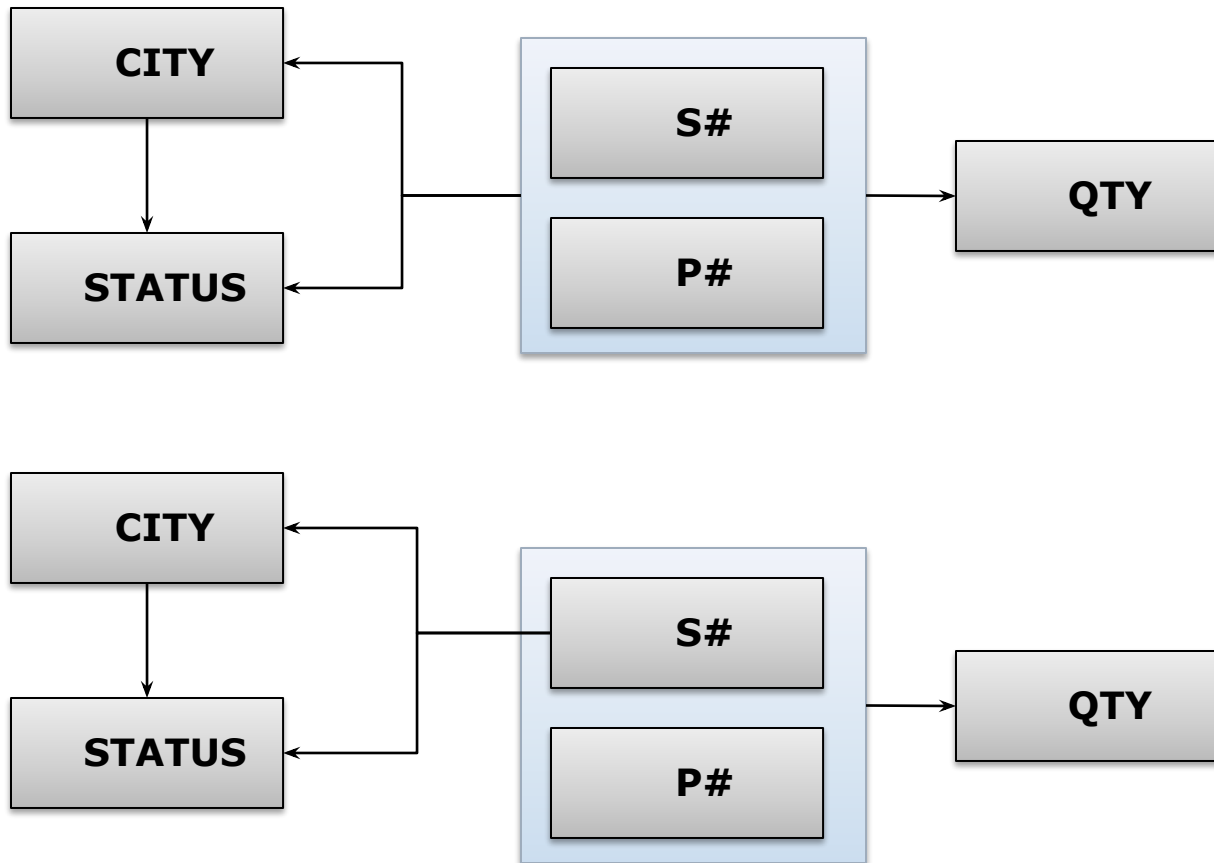
# Аномалії оновлення

---

- Операція **INSERT**. Не можна помістити в змінну відношення FIRST інформацію про те, що деякий постачальник знаходиться в певному місті, до тих пір поки цей постачальник не здійснить поставку хоча б одної деталі.
- Операція **DELETE**. Якщо із змінної відношення FIRST видалити кортеж, який є єдиним для деякого постачальника, буде видалена не тільки інформація про поставку постачальником деякої деталі, але також інформація про те, що цей постачальник знаходиться в певному місті.
- Операція **UPDATE**. У загальному, назва міста для кожного постачальника повторюється в змінній відношенні FIRST декілька разів, і ця збитковість призводить до виникнення проблем при оновленні.

# Перша нормальна форма

---



# Друга нормална форма

---

## SECOND

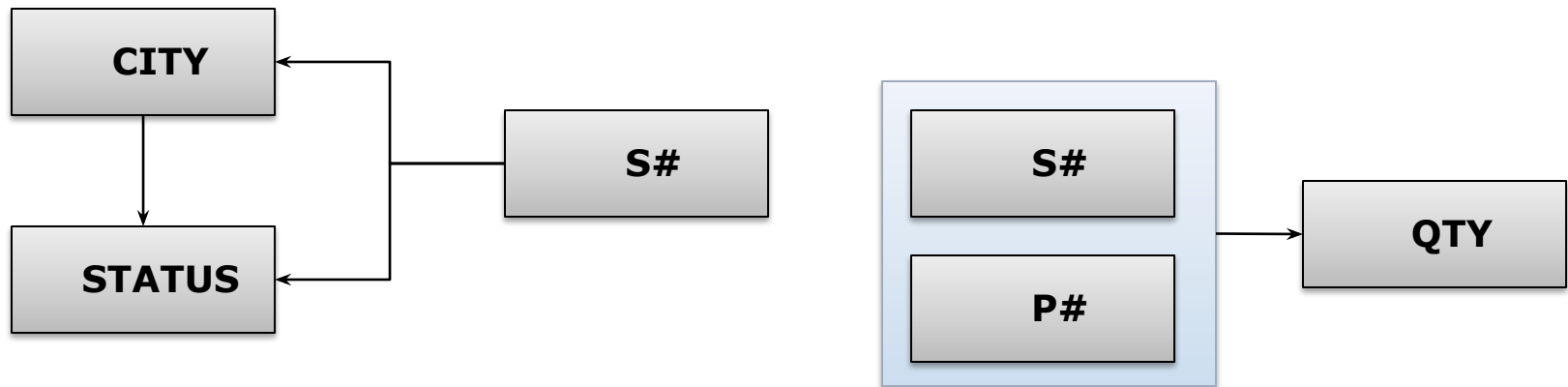
| S# | CITY   | STATUS |
|----|--------|--------|
| S1 | London | 20     |
| S2 | Paris  | 10     |
| S3 | Paris  | 10     |
| S4 | London | 20     |
| S4 | London | 20     |
| S5 | Athens | 30     |

## SP

| S# | P# | QTY |
|----|----|-----|
| S1 | P1 | 300 |
| S1 | P2 | 200 |
| S1 | P3 | 400 |
| S1 | P4 | 200 |
| S1 | P5 | 100 |
| S1 | P6 | 100 |
| S2 | P1 | 300 |
| S2 | P2 | 400 |
| S3 | P2 | 200 |
| S4 | P2 | 200 |
| S4 | P4 | 300 |
| S4 | P5 | 400 |

# Друга нормална форма

---



# Друга нормальна форма

---

- Операція **INSERT**. Інформацію про те, що постачальник з номером S5 знаходиться в Афінах, можна помістити в базу даних, додавши відповідний кортеж в змінну відношення SECOND, причому навіть в тому випадку, якщо він на даний момент не постачає жодної деталі.
- Операція **DELETE**. Тепер цілком можливо видалити інформацію про поставку деталі з номером P2 постачальником з номером S3.
- Операція **UPDATE**. У вдосконаленій структурі назва міста для кожного постачальника вказується всього один раз, оскільки існує тільки один кортеж для даного постачальника в змінній відношенні SECOND.

# Друга нормальна форма

---

- Змінна відношення знаходиться в другій нормальній формі тоді й тільки тоді, коли вона перебуває в першій нормальній формі й кожний неключовий атрибут незвідно залежить від її первинного ключа.

# Друга нормальна форма

---

- ❑ Перший етап процедури нормалізації полягає у створенні проєкцій, які дозволяють виключи функціональні залежності, що не є незвідні.
- ❑ Нехай дана змінна відносини  $R$ , що має наступний вид.  
 $R \{A, B, C, D\}$  PRIMARY KEY  $\{A, B\}$  /\*  $A \rightarrow D$  \*/
- ❑ Процедура нормалізації передбачає заміну цієї змінної відношення наступними двома проєкціями,  $R1$  і  $R2$ .

$R1 \{A, D\}$  PRIMARY KEY  $\{A\}$

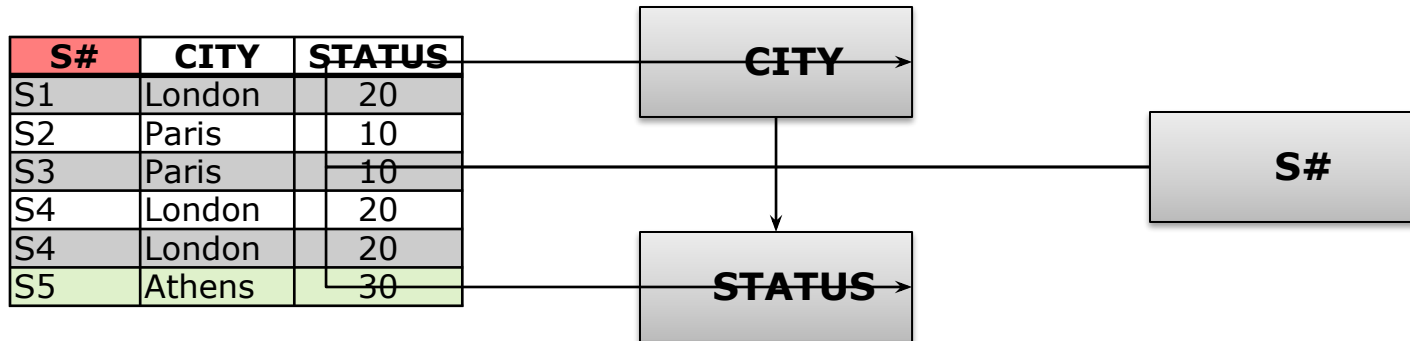
$R2 \{A, B, C\}$  PRIMARY KEY  $\{A, B\}$  FOREIGN KEY  $\{A\}$  REFERENCES  $R1$

- ❑ Змінна відношення  $R$  завжди може бути відновлена за допомогою з'єднання змінних відношень  $R1$  і  $R2$  по зовнішньому ключу й відповідному йому первинному ключу цих змінних відношень.

# Трета нормална форма

---

## SECOND



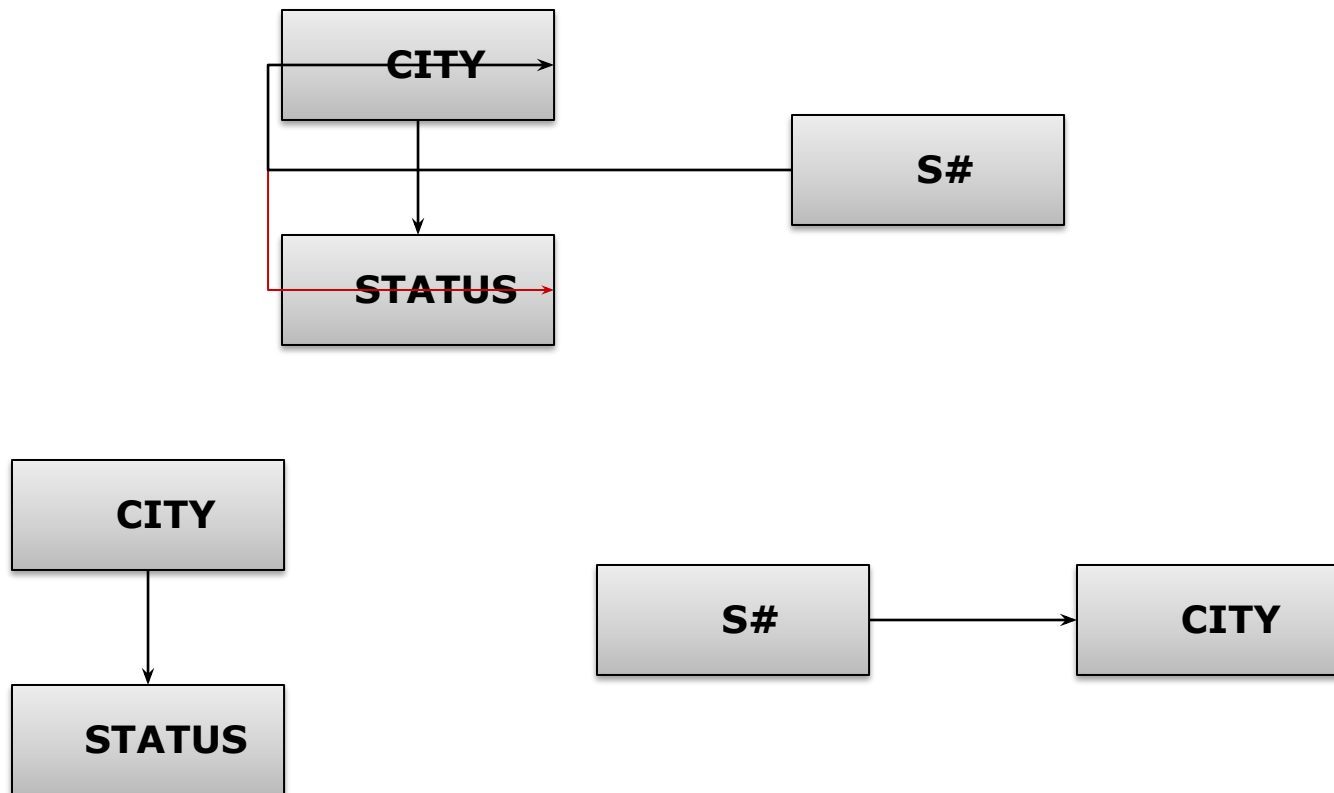
# Аномалії оновлення

---

- Операція **INSERT**. Не можна помістити в базу даних відомості про те, що певне місто характеризується деяким статусом, доти, поки в цьому місті не з'явиться певний постачальник.
- Операція **DELETE**. При видаленні зі змінної відношення SECOND кортежу для деякого міста, представленого в ній цим єдиним кортежем, будуть вилучені не тільки відомості про постачальника з даного міста, але й інформація про те, який статус відповідає самому місту.
- Операція **UPDATE**. У змінній відношенні SECOND значення статусу для кожного міста повторюється кілька раз (тому вона усе ще має деяку надмірність).

# Третя нормална форма

---

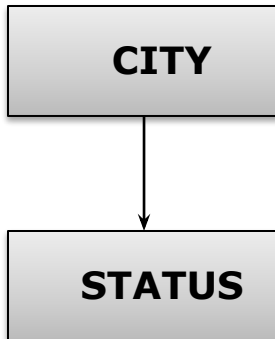


# Трета нормална форма

---

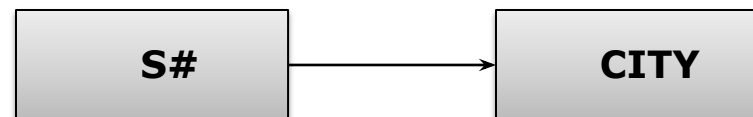
**SC**

| <b>S#</b> | <b>CITY</b> |
|-----------|-------------|
| S1        | London      |
| S2        | Paris       |
| S3        | Paris       |
| S4        | London      |
| S5        | Athens      |



**CS**

| <b>CITY</b> | <b>STATUS</b> |
|-------------|---------------|
| London      | 20            |
| Paris       | 10            |
| Athens      | 30            |
| Rome        | 50            |



# Третя нормальна форма

---

- Змінна відношення знаходиться в третій нормальній формі тоді й тільки тоді, коли вона перебуває в другій нормальній формі й жоден неключовий атрибут не є транзитивно залежним від її первинного ключа.

# Третя нормальна форма

---

- Другий етап нормалізації полягає в створенні проєкцій для усунення транзитивних залежностей.
- Нехай дана змінна відношення  $R$ , що має наступний вид.  
 $R \{ A, B, C \}$  PRIMARY KEY  $\{ A \}$  /\*  $B \rightarrow C$  \*/
- Процедура нормалізації передбачає заміну змінної відносини  $R$  наступними двома проєкціями,  $R1$  і  $R2$ .

$R1 \{ B, C \}$  PRIMARY KEY  $\{ B \}$

$R2 \{ A, B \}$  PRIMARY KEY  $\{ A \}$  FOREIGN KEY  $\{ B \}$  REFERENCES  $R1$

- Змінна відношення  $R$  може бути відновлена за допомогою з'єднання змінних відношень  $R1$  і  $R2$  по зовнішньому ключу й відповідному йому первинному ключу цих змінних відношень.

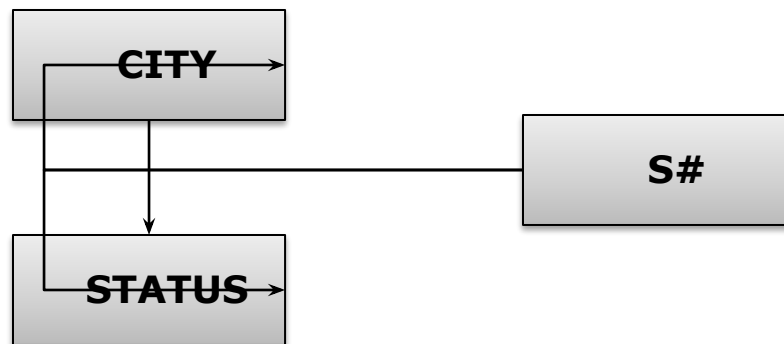
# Третя нормальна форма

---

- Рівень нормалізації змінної відношення визначається семантикою, а не конкретним значенням цієї змінної в певний момент часу.
  - Інакше кажучи, за конкретним значенням деякої змінної відносини неможливо визначити, чи перебуває вона, наприклад, у 3НФ.
- Для цього необхідно також знати, які функціональні залежності визначені в розглянутій змінній відношенні.
  - Навіть знаючи про залежності в деякій змінній відношенні, не можна на підставі конкретного її значення довести, що вона перебуває в 3НФ.

# Збереження залежностей

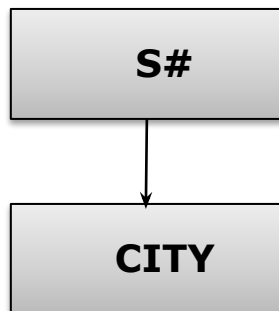
---



# Збереження залежностей

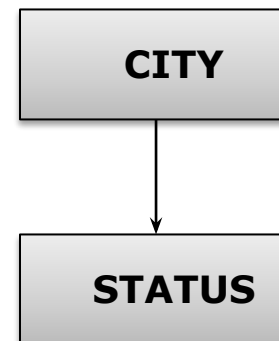
**SC**

| S# | CITY   |
|----|--------|
| S1 | London |
| S2 | Paris  |
| S3 | Paris  |
| S4 | London |
| S5 | Athens |



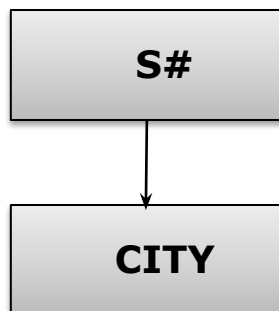
**CS**

| CITY   | STATUS |
|--------|--------|
| London | 20     |
| Paris  | 10     |
| Athens | 30     |
| Rome   | 50     |



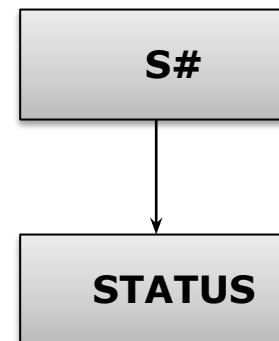
**SC**

| S# | CITY   |
|----|--------|
| S1 | London |
| S2 | Paris  |
| S3 | Paris  |
| S4 | London |
| S5 | Athens |



**CS**

| S# | STATUS |
|----|--------|
| S1 | 20     |
| S2 | 10     |
| S3 | 10     |
| S4 | 20     |
| S5 | 30     |



# Збереження залежностей

---

- Концепція незалежних проекцій надає критерій вибору одного з можливих варіантів декомпозиції.
- Проекції  $R_1$  і  $R_2$  змінної відношення  $R$  будуть незалежні тоді й тільки тоді, коли дотримуються наступні вимоги:
  - кожна функціональна залежність у змінній відношенні  $R$  є логічним наслідком функціональних залежностей у її проекціях  $R_1$  і  $R_2$ ;
  - загальні атрибути проекцій  $R_1$  і  $R_2$  утворюють потенційний ключ принаймні для однієї із цих двох проекцій.

# Нормальна форма Бойса-Кодда

---

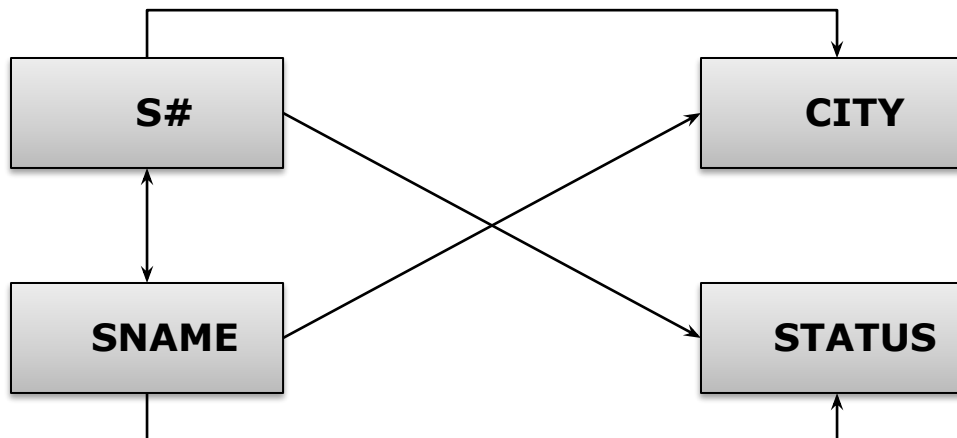
- Змінна відношення знаходиться в нормальній форм Бойса-Кодда тоді й тільки тоді, коли кожна її нетривіальна й незвідна зліва функціональна залежність, має в якості детермінанта потенційний ключ.

# Нормальна форма Бойса-Кодда

---

**S**

| S# | SNAME | STATUS | CITY   |
|----|-------|--------|--------|
| S1 | Smith | 20     | London |
| S2 | Jones | 10     | Paris  |
| S3 | Blake | 30     | Paris  |
| S4 | Clark | 20     | London |
| S5 | Adams | 30     | Athens |



# Нормальна форма Бойса-Кодда

---

## SSP

| S# | SNAME | P# | QTY |
|----|-------|----|-----|
| S1 | Smith | P1 | 300 |
| S1 | Smith | P2 | 200 |
| S1 | Smith | P3 | 400 |
| S1 | Smith | P4 | 200 |
| S1 | Smith | P5 | 100 |
| S1 | Smith | P6 | 100 |
| S2 | Jones | P1 | 300 |
| S2 | Jones | P2 | 400 |
| S3 | Blake | P2 | 200 |
| S4 | Clark | P2 | 200 |
| S4 | Clark | P4 | 300 |
| S4 | Clark | P5 | 400 |

$\{S\#, P\#\}$  і  $\{SNAME, P\#\}$  – потенційні ключі SSP

# Нормальна форма Бойса-Кодда

---

**SS**

| S# | SNAME |
|----|-------|
| S1 | Smith |
| S2 | Jones |
| S3 | Blake |
| S4 | Clark |

**SP**

| S# | P# | QTY |
|----|----|-----|
| S1 | P1 | 300 |
| S1 | P2 | 200 |
| S1 | P3 | 400 |
| S1 | P4 | 200 |
| S1 | P5 | 100 |
| S1 | P6 | 100 |
| S2 | P1 | 300 |
| S2 | P2 | 400 |
| S3 | P2 | 200 |
| S4 | P2 | 200 |
| S4 | P4 | 300 |
| S4 | P5 | 400 |

# Нормальна форма Бойса-Кодда

---

**SS**

| S# | SNAME |
|----|-------|
| S1 | Smith |
| S2 | Jones |
| S3 | Blake |
| S4 | Clark |

**SP**

| SNAME | P# | QTY |
|-------|----|-----|
| Smith | P1 | 300 |
| Smith | P2 | 200 |
| Smith | P3 | 400 |
| Smith | P4 | 200 |
| Smith | P5 | 100 |
| Smith | P6 | 100 |
| Jones | P1 | 300 |
| Jones | P2 | 400 |
| Blake | P2 | 200 |
| Clark | P2 | 200 |
| Clark | P4 | 300 |
| Clark | P5 | 400 |

# Нормальна форма Бойса-Кодда

---

S – студент  
T – викладач  
J – предмет

Кожний студент вивчає певний предмет тільки в одного викладача.

Кожний викладач веде тільки один предмет, але кожний предмет ведуть декілька викладачів.

# Нормальна форма Бойса-Кодда

## STJ

| S     | J       | T           |
|-------|---------|-------------|
| Smith | Math    | Prof. White |
| Smith | Physics | Prof. Green |
| Jones | Math    | Prof. White |
| Jones | Physics | Prof. Brown |

S – студент

T – викладач

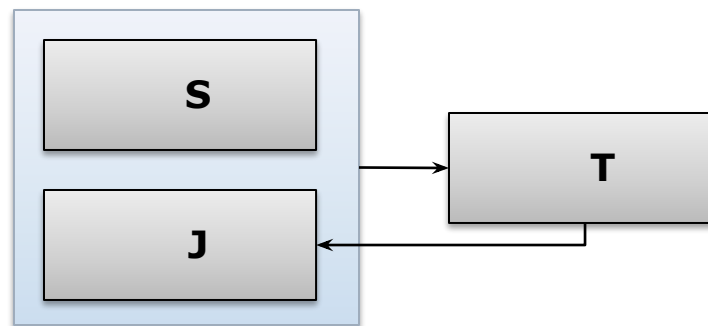
J – предмет

Кожний студент вивчає певний предмет тільки в одного викладача.

Кожний викладач веде тільки один предмет, але кожний предмет ведуть декілька викладачів.

$\{ S, J \} \rightarrow \{ T \}$

$\{ T \} \rightarrow \{ J \}$



# Нормальна форма Бойса-Кодда

---

**ST**

| <b>S</b> | <b>T</b>    |
|----------|-------------|
| Smith    | Prof. White |
| Smith    | Prof. Green |
| Jones    | Prof. White |
| Jones    | Prof. Brown |

**TJ**

| <b>T</b>    | <b>J</b> |
|-------------|----------|
| Prof. White | Math     |
| Prof. Green | Physics  |
| Prof. Brown | Physics  |

$\{ T \} \rightarrow \{ J \}$

$\{ S, J \} \rightarrow \{ T \} ?$

# Нормальна форма Бойса-Кодда

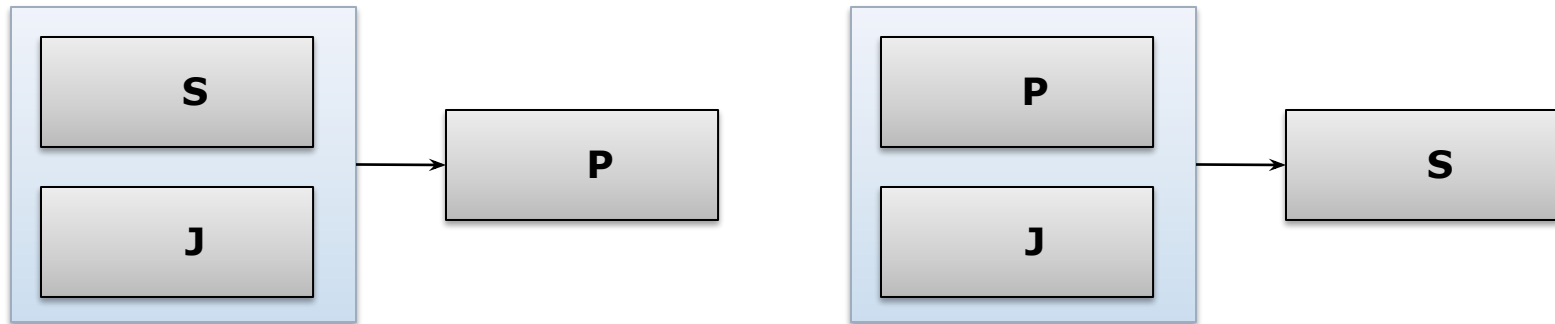
---

- Дано змінну відношення EXAM з атрибутами S (студент), J (предмет) і P (позиція).
- Кожний кортеж  $(s, j, p)$  змінної відношення EXAM відображає відомості про те, що деякий студент  $s$  екзаменується по певному предмету  $j$  і займає певну позицію  $p$  в екзаменаційній відомості.
- Крім того, ніякі два студенти не можуть займати ту саму позицію в екзаменаційній відомості, яка відноситься до того самого предмету.

# Нормальна форма Бойса-Кодда

---

**EXAM {S, J, P}**



# Нормальна форма Бойса-Кодда

---

- Змінна відношення знаходиться в нормальній форм Бойса-Кодда тоді й тільки тоді, коли кожна її нетривіальна й незвідна зліва функціональна залежність, має в якості детермінанта потенційний ключ.