

**Laurea in Informatica  
A.A. 2021-2022**

**Corso "Base di Dati"**

**Esercitazione Normalizzazione**

**Prof. Massimiliano de Leoni**



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA**

Data la relazione  $R(A,B,C,D)$  con dipendenze funzionali  $\{ C \rightarrow D, C \rightarrow A, B \rightarrow C \}$ .

1. Mostrare tutte le chiavi candidate di  $R$  e motivare perché ognuna lo è
2. Dire quale dipendenze violano la forma normale di Boyce Codd (BCNF), spiegandone la ragione.
3. Decomporre in BCNF

Data la relazione  $R(A,B,C,D)$  con dipendenze funzionali  $\{ C \rightarrow D, C \rightarrow A, B \rightarrow C \}$ .

**1. Mostrare tutte le chiavi candidate di  $R$  e motivare perché ognuna lo è.**

**$B^+ = \{B, C, A, D\}$  e  $C^+ = \{C, A, D\}$ .**

**Quindi,  $B$  è chiave perché la sua chiusura contiene tutti gli attributi della relazione**

**2. Dire quale dipendenze violano la forma normale di Boyce Codd (BCNF), spiegandone la ragione.**

**3. Decomporre in BCNF**

Data la relazione  $R(A,B,C,D)$  con dipendenze funzionali  $\{ C \rightarrow D, C \rightarrow A, B \rightarrow C \}$ .

$B$  è chiave.

**2. Dire quale dipendenze violano la forma normale di Boyce Codd (BCNF), spiegandone la ragione.**

**$C \rightarrow D$  e  $C \rightarrow A$  violano BCNF perché  $C$  non è una superchiave della relazione**

**3. Decomporre in BCNF**

Data la relazione  $R(A,B,C,D)$  con dipendenze funzionali  $\{ C \rightarrow D, C \rightarrow A, B \rightarrow C \}$ .

$B$  è chiave.

2. Dire quale dipendenze violano la forma normale di Boyce Codd (BCNF), spiegandone la ragione.

### 3. Decomporre in BCNF

Usando  $C \rightarrow D$ , si ottiene  $R_1(\underline{C}, D)$  e, togliendo  $D$  da  $R$ , si ottiene  $\underline{R}(A, B, C)$

Usando  $C \rightarrow A$ , si ottiene  $R_2(\underline{C}, A)$  e, togliendo  $A$  da  $\underline{R}$ , si ottiene  $R_3(\underline{B}, C)$

Quindi si ottengono tre relazioni:  $R_1(\underline{C}, D)$ ,  $R_2(\underline{C}, A)$  e  $R_3(\underline{B}, C)$ .

È anche possibile ricomporre  $R_1$  e  $R_2$  ottenendo  $R_4(\underline{C}, A, D)$  e  $R_3(\underline{B}, C)$ .

Considerare uno schema di relazione  $R$  ( $E, N, L, C, S, D, M, P, A$ ) con le seguenti dipendenze funzionali:

$E \rightarrow NS,$

$NL \rightarrow EMD,$

$EN \rightarrow LCD,$

$C \rightarrow S,$

$D \rightarrow M,$

$M \rightarrow D,$

$EPD \rightarrow A,$

$NLCP \rightarrow A.$

Calcolare una **copertura ridotta** per tale insieme e decomporre la relazione in **terza forma normale**.

Una relazione  $R$  con chiavi  $K_1, \dots, K_n$  è in Terza Forma Normale se:

Per ogni dipendenza funzionale non banale  $X \rightarrow Y$ , almeno una delle seguenti condizioni sono valide:

- $X$  è superchiave (BCNF)
- ogni attributo in  $Y$  è contenuto in almeno una tra le chiavi  $K_1, \dots, K_n$ .

- Un insieme di dipendenze  $F$  è una copertura ridotta:
  - **non ridondante** se non esiste dipendenza  $f \in F$  tale che  $F - \{f\}$  implica  $f$ ;
  - **ridotto** se
    - **non ridondante** se non esiste dipendenza  $f \in F$  tale che  $F - \{f\}$  implica  $f$ ;
    - non esiste un insieme  $F'$  equivalente a  $F$  ottenuto eliminando attributi dai primi membri di una o più dipendenze di  $F$ .
- Esempio (parte in rosso rimovibile):
  - $\{A \rightarrow B; AB \rightarrow C; A \rightarrow C\}$  è ridondante;
  - $\{A \rightarrow B; AB \rightarrow C\}$  non è ridondante né ridotto;
  - $\{A \rightarrow B; A \rightarrow C\}$  è ridotto



I passi per calcolare la copertura ridotta di una relazione sono i seguenti:

1. Sostituzione dell'insieme dato con quello equivalente che ha tutti i secondi membri costituiti da singoli attributi;
2. Per ogni dipendenza verifica dell'esistenza di attributi eliminabili dal primo membro;
3. Eliminazione delle dipendenze ridondanti.

## Esercizio 2 (passo 1)



1. Sostituzione dell'insieme dato con quello equivalente che ha tutti i secondi membri costituiti da singoli attributi

$E \rightarrow NS$

$NL \rightarrow EMD$

$EN \rightarrow LCD$

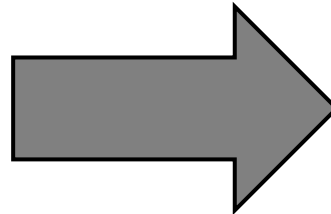
$C \rightarrow S$

$D \rightarrow M$

$M \rightarrow D$

$EPD \rightarrow A$

$NLCP \rightarrow A$



## Esercizio 2 (passo 1)



1. Sostituzione dell'insieme dato con quello equivalente che ha tutti i secondi membri costituiti da singoli attributi

$E \rightarrow NS$

$NL \rightarrow EMD$

$EN \rightarrow LCD$

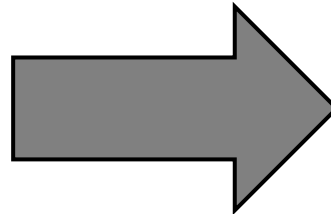
$C \rightarrow S$

$D \rightarrow M$

$M \rightarrow D$

$EPD \rightarrow A$

$NLCP \rightarrow A$



$E \rightarrow S$

$E \rightarrow N$

$NL \rightarrow E$

$NL \rightarrow M$

$NL \rightarrow D$

$EN \rightarrow L$

$EN \rightarrow C$

$EN \rightarrow D$

$C \rightarrow S$

$D \rightarrow M$

$M \rightarrow D$

$EPD \rightarrow A$

$NLCP \rightarrow A$

## Esercizio 2 (passo 2)



2. Per ogni dipendenza verifica dell'esistenza di attributi eliminabili dal primo membro

$E \rightarrow S$

$E \rightarrow N$

$NL \rightarrow E$

$NL \rightarrow M$

$NL \rightarrow D$

$EN \rightarrow L$

$EN \rightarrow C$

$EN \rightarrow D$

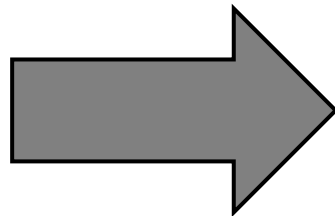
$C \rightarrow S$

$D \rightarrow M$

$M \rightarrow D$

$EPD \rightarrow A$

$NLCP \rightarrow A$



## Esercizio 2 (passo 2)



2. Per ogni dipendenza verifica dell'esistenza di attributi eliminabili dal primo membro

$E \rightarrow S$

$E \rightarrow N$

$NL \rightarrow E$

$NL \rightarrow M$

$NL \rightarrow D$

$EN \rightarrow L$

$EN \rightarrow C$

$EN \rightarrow D$

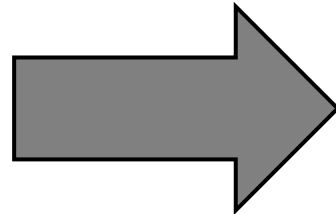
$C \rightarrow S$

$D \rightarrow M$

$M \rightarrow D$

$EPD \rightarrow A$

$NLCP \rightarrow A$



$E \rightarrow S$

$E \rightarrow N$

$NL \rightarrow E$

$NL \rightarrow M$

$NL \rightarrow D$

$E \rightarrow L$

$E \rightarrow C$

$E \rightarrow D$

$C \rightarrow S$

$D \rightarrow M$

$M \rightarrow D$

$EP \rightarrow A$

$NLP \rightarrow A$

$(EN \rightarrow L, E \rightarrow N)$

$(EN \rightarrow C, E \rightarrow N)$

$(EN \rightarrow D, E \rightarrow N)$

$(EPD \rightarrow A, E \rightarrow D)$

$(NLCP \rightarrow A, NL \rightarrow E, E \rightarrow C)$

### 3. Eliminazione delle dipendenze ridondanti

$E \rightarrow S$

$E \rightarrow N$

$NL \rightarrow E$

$NL \rightarrow M$

$NL \rightarrow D$

$E \rightarrow L$

$E \rightarrow C$

$E \rightarrow D$

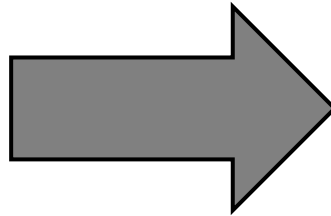
$C \rightarrow S$

$D \rightarrow M$

$M \rightarrow D$

$EP \rightarrow A$

$NLP \rightarrow A$



## Esercizio 2 (passo 3)



### 3. Eliminazione delle dipendenze ridondanti

~~E~~ → S

E → N

NL → E

~~NL~~ → ~~M~~

~~NL~~ → ~~D~~

E → L

E → C

E → D

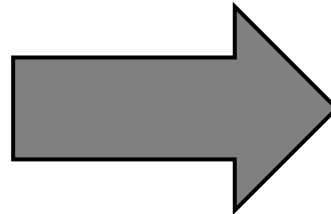
C → S

D → M

M → D

~~EP~~ → ~~A~~

NLP → A



**E → N**

**NL → E**

**E → L**

**E → C**

**E → D**

**C → S**

**D → M**

**M → D**

**NLP → A**

Ho ottenuto una copertura ridotta

**$E \rightarrow N$**

**$NL \rightarrow E$**

**$E \rightarrow L$**

**$E \rightarrow C$**

**$E \rightarrow D$**

**$C \rightarrow S$**

**$D \rightarrow M$**

**$M \rightarrow D$**

**$NLP \rightarrow A$**



Non abbiamo le chiavi → Occorre individuare le chiavi candidate partendo dalla copertura ridotta

**$E \rightarrow N$**

**$NL \rightarrow E$**

**$E \rightarrow L$**

**$E \rightarrow C$**

**$E \rightarrow D$**

**$C \rightarrow S$**

**$D \rightarrow M$**

**$M \rightarrow D$**

**$NLP \rightarrow A$**

Eseguo le chiusure dei primi membri

$E^+$

$NL^+$

$C^+$

$D^+$

$M^+$

$NLP^+$

Non abbiamo le chiavi → Occorre individuare le chiavi candidate partendo dalla copertura ridotta

**E → N**

**NL → E**

**E → L**

**E → C**

**E → D**

**C → S**

**D → M**

**M → D**

**NLP → A**

Eseguo le chiusure dei primi membri

$E^+ = \{E, N, L, D, C, S, M\}$  Non chiave  
perchè mancano A, P

$NL^+ = \{E, N, L, D, C, S, M\}$  Non chiave  
perchè mancano A, P

$C^+ = \{C, S\}$  Non chiave

$D^+ = \{D, M\}$  Non chiave

$M^+ = \{M, D\}$  Non chiave

$NLP^+ = \{N, L, P, A, E, D, C, S, M\}$  è chiave

Non abbiamo le chiavi → Occorre Individuare le chiavi partendo dalla copertura ridotta

**E → N**

**NL → E**

**E → L**

**E → C**

**E → D**

**C → S**

**D → M**

**M → D**

**NLP → A**

Eseguo le chiusure dei primi membri

$E^+ = \{E, N, L, D, C, S, M\}$  Non chiave  
perchè mancano A, P

$NL^+ = \{E, N, L, D, C, S, M\}$  Non chiave  
perchè mancano A, P

$C^+ = \{C, S\}$  Non chiave

$D^+ = \{D, M\}$  Non chiave

$M^+ = \{M, D\}$  Non chiave

$NLP^+ = \{N, L, P, A, E, D, C, S, M\}$  è chiave

Individuare le chiavi partendo dalla copertura ridotta

Eseguo le chiusure dei primi membri

**$E \rightarrow N$**

**$NL \rightarrow E$**

**$E \rightarrow L$**

**$E \rightarrow C$**

**$E \rightarrow D$**

**$C \rightarrow S$**

**$D \rightarrow M$**

**$M \rightarrow D$**

**$NLP \rightarrow A$**

$NLP^+ = \{N, L, P, A, E, D, C, S, M\}$  è una chiave candidata

$EP^+ = \{E, N, L, D, C, S, M, P, A\}$

anche questa è una chiave candidata!

Ho ottenuto una copertura ridotta

$E \rightarrow N$   
 $NL \rightarrow E$   
 $E \rightarrow L$   
 $E \rightarrow C$   
 $E \rightarrow D$   
 $C \rightarrow S$   
 $D \rightarrow M$   
 $M \rightarrow D$   
 $NLP \rightarrow A$

Chiavi **NLP, EP**

Sintesi di schema in  
terza forma normale

Dati uno schema  $R(U)$  e un insieme di dipendenze  $F$  su  $U$ , con chiavi  $K_1, \dots, K_n$

1. Viene calcolata una copertura ridotta  $G$  di  $F$
2.  $G$  viene partizionato in sottoinsiemi tali che due dipendenze funzionali  $X \rightarrow A$  e  $Y \rightarrow B$  sono insieme se  $X_G^+ = Y_G^+$
3. Viene costruita una relazione per ogni sotto-insieme
4. Se esistono due relazioni  $S(X)$  e  $T(Y)$  con  $X \subseteq Y$ ,  $S$  viene eliminata
5. Se, per qualche  $i$ , non esiste una relazione  $S(X)$  con  $K_i \subseteq X$ , viene aggiunta una relazione  $T(K_i)$

2.  $G$  viene partizionato in sottoinsiemi tali che due dipendenze funzionali  $X \rightarrow A$  e  $Y \rightarrow B$  sono insieme se  $X_G^+ = Y_G^+$

**$E \rightarrow N$**

$E^+ = \{E, N, L, D, C, S, M\}$  Non chiave  
perchè mancano  $A, P$

**$NL \rightarrow E$**

**$E \rightarrow L$**

$NL^+ = \{E, N, L, D, C, S, M\}$  Non chiave  
perchè mancano  $A, P$

**$E \rightarrow C$**

**$E \rightarrow D$**

**$C \rightarrow S$**

$C^+ = \{C, S\}$  Non chiave

**$D \rightarrow M$**

$D^+ = \{D, M\}$  Non chiave

**$M \rightarrow D$**

**$NLP \rightarrow A$**

$M^+ = \{M, D\}$  Non chiave

$NLP^+ = \{N, L, P, A, E, D, C, S, M\}$  è chiave

2.  $G$  viene partizionato in sottoinsiemi tali che due dipendenze funzionali  $X \rightarrow A$  e  $Y \rightarrow B$  sono insieme se  $X_G^+ = Y_G^+$

$E \rightarrow N$	}	$E^+ = \{ E, N, L, C, D, S, M \}$
$E \rightarrow L$		
$E \rightarrow C$		
$E \rightarrow D$		
$NL \rightarrow E$	}	$NL^+ = \{ E, N, L, C, D, S, M \}$
$C \rightarrow S$	}	$CS^+ = \{ C, S \}$
$D \rightarrow M$	}	$D^+ = \{ D, M \} ; M^+ = \{ D, M \}$
$M \rightarrow D$		
$NLP \rightarrow A$	}	$NLP^+ = \{ E, N, L, C, D, C, S, M, A \}$



2.  $G$  viene partizionato in sottoinsiemi tali che due dipendenze funzionali  $X \rightarrow A$  e  $Y \rightarrow B$  sono insieme se  $X_G^+ = Y_G^+$

$E \rightarrow N$   
 $E \rightarrow L$   
 $E \rightarrow C$   
 $E \rightarrow D$

$E^+ = \{ E, N, L, C, D, S, M \}$

CHIUSURE COINCIDONO

$NL \rightarrow E$

$NL^+ = \{ E, N, L, C, D, S, M \}$

$C \rightarrow S$

$C^+ = \{ C, S \}$

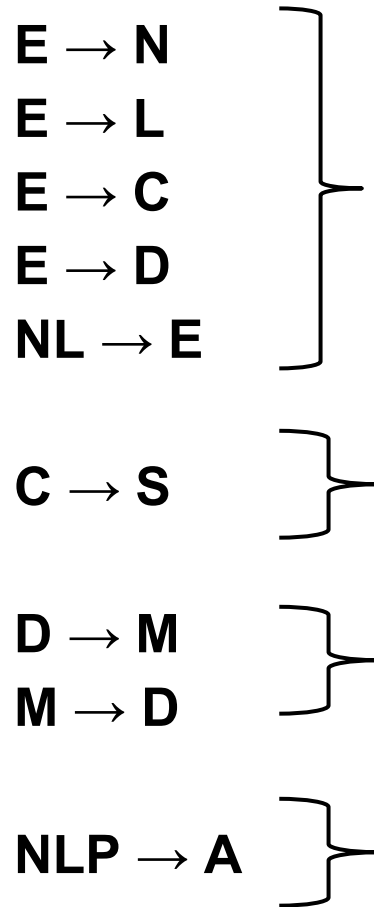
$D \rightarrow M$   
 $M \rightarrow D$

$D^+ = \{ D, M \} ; M^+ = \{ D, M \}$

$NLP \rightarrow A$

$NLP^+ = \{ E, N, L, C, D, C, S, M, A \}$

3. Viene costruita una relazione per ogni sotto-insieme



3. Viene costruita una relazione per ogni sotto-insieme

$$\left. \begin{array}{l} E \rightarrow N \\ E \rightarrow L \\ E \rightarrow C \\ E \rightarrow D \\ NL \rightarrow E \end{array} \right\} R_1 (E, N, L, C, D)$$

$$C \rightarrow S \left\} R_2 (C, S)$$

$$\left. \begin{array}{l} D \rightarrow M \\ M \rightarrow D \end{array} \right\} R_3 (D, M)$$

$$NLP \rightarrow A \left\} R_4 (N, L, P, A)$$

4. Se esistono due relazioni  $S(X)$  e  $T(Y)$  con  $X \subseteq Y$ ,  $S$  viene eliminata

$E \rightarrow N$   
 $E \rightarrow L$   
 $E \rightarrow C$   
 $E \rightarrow D$   
 $NL \rightarrow E$

}  $R_1 (E, N, L, C, D)$

$C \rightarrow S$

}  $R_2 (C, S)$

$D \rightarrow M$   
 $M \rightarrow D$

}  $R_3 (D, M)$

$NLP \rightarrow A$

}  $R_4 (N, L, P, A)$

**Non accade**

## Esercizio 2



5. Se, per qualche  $i$ , non esiste una relazione  $S(X)$  con  $K_i \subseteq X$ , viene aggiunta una relazione  $T(K_i)$  **Chiavi NLP, EP**

$E \rightarrow N$   
 $E \rightarrow L$   
 $E \rightarrow C$   
 $E \rightarrow D$   
 $NL \rightarrow E$

}  $R_1 (E, N, L, C, D)$

$C \rightarrow S$

}  $R_2 (C, S)$

$D \rightarrow M$   
 $M \rightarrow D$

}  $R_3 (D, M)$

$NLP \rightarrow A$

}  $R_4 (N, L, P, A)$

**Si aggiunge  
 $R_5 (E, P)$**

## Esercizio 2



Le chiavi delle relazioni sono sottolineate:

$E \rightarrow N$   
 $E \rightarrow L$   
 $E \rightarrow C$   
 $E \rightarrow D$   
 $NL \rightarrow E$  }  $R_1 (\underline{E}, \underline{N}, L, C, D)$

$C \rightarrow S$  }  $R_2 (\underline{C}, S)$

$D \rightarrow M$   
 $M \rightarrow D$  }  $R_3 (\underline{D}, \underline{M})$

$NLP \rightarrow A$  }  $R_4 (\underline{N}, \underline{L}, \underline{P}, A)$

$R_5 (\underline{E}, \underline{P})$

Dato schema  $R( A, B, C, D, E, F)$  con dipendenze:  
 $CE \rightarrow A$ ,  $C \rightarrow D$ ,  $A \rightarrow B$ ,  $D \rightarrow BE$ ,  $B \rightarrow F$ ,  $AD \rightarrow CF$

1. Trovare copertura ridotta  $G$
2. Trovare tutte le chiavi
3. Dire se ci sono e quali dipendenze violano 3NF
4. Normalizzare lo schema in 3NF
5. Lo schema normalizzato al punto 4 è anche in BCNF?

## Esercizio 4



Dato lo schema R (A, B, C, D, E, F, G)

Con dipendenze:

$AF \rightarrow BE$ ,  $EF \rightarrow BCD$ ,  $A \rightarrow F$ ,  $B \rightarrow C$

1. Trovare copertura ridotta
2. Trovare tutte le altre chiavi, in aggiunta alla chiave primaria data
3. Dire se ci sono e quali dipendenze violano 3NF
4. Normalizzare in 3NF