

Normalizzazione

Tratto da:

Atzeni, Ceri, Fraternali, Paraboschi, Torlone
Basi di dati *Quinto edizione*
McGraw-Hill Education, 2018
Capitolo 9: *Normalizzazione*

1

Forme normali

- Una forma normale è una proprietà di una base di dati relazionale che ne garantisce la “qualità”, cioè l'assenza di determinati difetti
- Quando una relazione non è normalizzata:
 - presenta ridondanze,
 - si presta a comportamenti poco desiderabili durante gli aggiornamenti
- Le forme normali sono di solito definite sul modello relazionale, ma hanno senso in altri contesti, ad esempio il modello E-R

2

Normalizzazione

- Procedura che permette di trasformare schemi non normalizzati in schemi che soddisfano una forma normale
- La normalizzazione va utilizzata come **tecnica di verifica** dei risultati della progettazione di una base di dati
- **Non costituisce una metodologia di progettazione**

3

Una relazione con anomalie

<u>Impiegato</u>	<u>Stipendio</u>	<u>Progetto</u>	<u>Bilancio</u>	<u>Funzione</u>
Rossi	20	Marte	2	tecnico
Verdi	35	Giove	15	progettista
Verdi	35	Venere	15	progettista
Neri	55	Venere	15	direttore
Neri	55	Giove	15	consulente
Neri	55	Marte	2	consulente
Mori	48	Marte	2	direttore
Mori	48	Venere	15	progettista
Bianchi	48	Venere	15	progettista
Bianchi	48	Giove	15	direttore

4

Anomalie

- Lo stipendio di ciascun impiegato è ripetuto in tutte le ennuple relative
 - **ridondanza**
- Se lo stipendio di un impiegato varia, è necessario andarne a modificare il valore in diverse ennuple
 - **anomalia di aggiornamento**
- Se un impiegato interrompe la partecipazione a tutti i progetti, dobbiamo cancellarlo
 - **anomalia di cancellazione**
- Un nuovo impiegato senza progetto non può essere inserito
 - **anomalia di inserimento**

5

Causa dei problemi:

- Abbiamo usato un'unica relazione per rappresentare informazioni eterogenee
 - gli impiegati con i relativi stipendi
 - i progetti con i relativi bilanci
 - le partecipazioni degli impiegati ai progetti con le relative funzioni
- Per studiare in maniera sistematica questi aspetti, è necessario introdurre un nuovo vincolo di integrità: la **dipendenza funzionale** che descrive legami di tipo funzionale tra gli attributi di una relazione

6

Esempi di dipendenze funzionali:

- **Impiegato \rightarrow Stipendio**
Ogni impiegato ha un solo stipendio (anche se partecipa a più progetti)
- **Progetto \rightarrow Bilancio**
Ogni progetto ha un bilancio
- **Impiegato Progetto \rightarrow Funzione**
Ogni impiegato in ciascun progetto ha una sola funzione (anche se può avere funzioni diverse in progetti diversi)

7

Dipendenza funzionale

Supponiamo di avere una relazione e che Y e Z sono sottoinsiemi dei suoi attributi.

$Y \rightarrow Z$ specifica che in qualsiasi istanza della nostra relazione le due tuple che coincidono su Y coincideranno anche su Z.

Es.1: Impiegato \rightarrow Stipendio

Es.2: Impiegato Progetto \rightarrow Stipendio Funzione Bilancio

Es.3: Impiegato Progetto \rightarrow Impiegato Progetto Stipendio Funzione Bilancio

8

Dipendenza funzionale

Osservando una determinate istanza:

- relazione r su $R(X)$
- due sottoinsiemi non vuoti Y e Z di X
- esiste in r una **dipendenza funzionale (FD)** da Y a Z se, per ogni coppia di ennuple t_1 e t_2 di r con gli stessi valori su Y , risulta che t_1 e t_2 hanno gli stessi valori anche su Z

9

FD banali e non banali

- **Impiegato Progetto \rightarrow Progetto**
 - Si tratta però di una FD “**banale**” (sempre soddisfatta)
- $Y \rightarrow A$ è **non banale** se l'attributo A non appartiene all'insieme di attributi Y
- $Y \rightarrow Z$ è **non banale** se nessun attributo nell'insieme di attributi Z appartiene a Y

Nota: Di solito si specificano solo le FD non banali.

10

Le anomalie sono legate ad alcune FD

- gli impiegati hanno un unico stipendio

Impiegato → Stipendio

- i progetti hanno un unico bilancio

Progetto → Bilancio

11

Non tutte le FD causano anomalie

- In ciascun progetto, un impiegato svolge una sola funzione

Impiegato Progetto → Funzione

- Il soddisfacimento è più “semplice”, perché
Impiegato Progetto è chiave

12

FD e anomalie

- La terza FD corrisponde ad una chiave e non causa anomalie
- Le prime due FD non corrispondono a chiavi e causano anomalie
- La relazione contiene alcune informazioni (*Funzione*) legate ad intera chiave e altre (*Stipendio, Bilancio*) legate ad attributi che non formano una chiave
- Le anomalie sono causate dalla presenza di concetti eterogenei:
 - proprietà degli impiegati (lo stipendio)
 - proprietà di progetti (il bilancio)
 - proprietà della chiave **Impiegato Progetto**

13

Forma normale di Boyce e Codd (BCNF)

- Una relazione **r** è in forma normale di Boyce e Codd se, per ogni dipendenza funzionale (non banale) $X \rightarrow Y$ definita su di essa, **X** contiene una chiave di **r** (**X** è superchiave)
- Questa forma normale richiede che i concetti in una relazione siano omogenei (solo proprietà direttamente associate alla chiave)

14

Che facciamo se una relazione non soddisfa la BCNF?

- La rimpiazziamo con altre relazioni che soddisfano la BCNF

Come?

- Decomponendo sulla base delle dipendenze funzionali, al fine di separare i concetti indipendenti

15

<u>Impiegato</u>	<u>Stipendio</u>	<u>Progetto</u>	<u>Bilancio</u>	<u>Funzione</u>
Rossi	20	Marte	2	tecnico
Verdi	35	Giove	15	progettista
Verdi	35	Venere	15	progettista
Neri	55	Venere	15	direttore
Neri	55	Giove	15	consulente
Neri	55	Marte	2	consulente
Mori	48	Marte	2	direttore
Mori	48	Venere	15	progettista
Bianchi	48	Venere	15	progettista
Bianchi	48	Giove	15	direttore

Impiegato → Stipendio

Progetto → Bilancio

Impiegato Progetto → Funzione

16

<u>Impiegato</u>	<u>Stipendio</u>	<u>Progetto</u>	<u>Bilancio</u>
Rossi	20	Marte	2
Verdi	35	Giove	15
Neri	55	Venere	15
Mori	48		
Bianchi	48		

<u>Impiegato</u>	<u>Progetto</u>	<u>Funzione</u>
Rossi	Marte	tecnico
Verdi	Giove	progettista
Verdi	Venere	progettista
Neri	Venere	direttore
Neri	Giove	consulente
Neri	Marte	consulente
Mori	Marte	direttore
Mori	Venere	progettista
Bianchi	Venere	progettista
Bianchi	Giove	direttore

17

Procedura intuitiva di normalizzazione

- Per ogni dipendenza $X \rightarrow Y$ che viola la BCNF, definire una relazione su XY ed eliminare Y dalla relazione originaria.

Problema: Non valida in generale, ma solo nei "casi semplici"

18

Non sempre così facile

Impiegato	Progetto	Sede
Rossi	Marte	Roma
Verdi	Giove	Milano
Verdi	Venere	Milano
Neri	Saturno	Milano
Neri	Venere	Milano

Impiegato → Sede
Progetto → Sede

19

Decomponiamo sulla base delle dipendenze

Impiegato	Progetto	Sede
Rossi	Marte	Roma
Verdi	Giove	Milano
Verdi	Venere	Milano
Neri	Saturno	Milano
Neri	Venere	Milano

Impiegato	Sede
Rossi	Roma
Verdi	Milano
Neri	Milano

Progetto	Sede
Marte	Roma
Giove	Milano
Saturno	Milano
Venere	Milano

20

Proviamo a ricostruire

Impiegato	Sede
Rossi	Roma
Verdi	Milano
Neri	Milano

Progetto	Sede
Marte	Roma
Giove	Milano
Saturno	Milano
Venere	Milano

Impiegato	Progetto	Sede
Rossi	Marte	Roma
Verdi	Giove	Milano
Verdi	Venere	Milano
Neri	Saturno	Milano
Neri	Venere	Milano
Verdi	Saturno	Milano
Neri	Giove	Milano

Diversa dalla relazione di partenza!

21

Decomposizione senza perdita

- Una relazione r si **decompone senza perdita** su X_1 e X_2 se il join delle proiezioni di r su X_1 e X_2 è uguale a r stessa (cioè non contiene ennuple spurie)
- La decomposizione senza perdita è garantita se gli attributi comuni contengono una **chiave** per almeno una delle relazioni decomposte, cioè se $X_1 \cap X_2$ è superchiave per almeno una delle relazioni decomposte

22

Proviamo a decomporre senza perdita

Impiegato	Progetto	Sede
Rossi	Marte	Roma
Verdi	Giove	Milano
Verdi	Venere	Milano
Neri	Saturno	Milano
Neri	Venere	Milano

Impiegato	Sede
Rossi	Roma
Verdi	Milano
Neri	Milano

Impiegato	Progetto
Rossi	Marte
Verdi	Giove
Verdi	Venere
Neri	Saturno
Neri	Venere

Impiegato → Sede
Progetto → Sede

23

Un altro problema

- Attributi *Progetto* e *Sede* non si trovano più nella stessa relazione, si "perde" la dipendenza *Progetto* → *Sede*.

Impiegato	Sede
Rossi	Roma
Verdi	Milano
Neri	Milano

Impiegato	Progetto
Rossi	Marte
Verdi	Giove
Verdi	Venere
Neri	Saturno
Neri	Venere

Impiegato → Sede
Progetto → Sede

24

Supponiamo di voler inserire una nuova ennupla che specifica la partecipazione dell'impiegato Neri, che opera a Milano, al progetto Marte:

Impiegato	Sede	Impiegato	Progetto
Rossi	Roma	Rossi	Marte
Verdi	Milano	Verdi	Giove
Verdi	Milano	Verdi	Venere
Neri	Milano	Neri	Saturno
		Neri	Venere
		Neri	Marte

↓

Impiegato	Progetto	Sede
Rossi	Marte	Roma
Verdi	Giove	Milano
Verdi	Venere	Milano
Neri	Saturno	Milano
Neri	Venere	Milano
Neri	Marte	Milano

25

Conservazione delle dipendenze

- Una decomposizione **conserva le dipendenze** se ciascuna delle dipendenze funzionali dello schema originario coinvolge attributi che compaiono tutti insieme in uno degli schemi decomposti
- **Progetto** → **Sede** non è conservata

26

Qualità delle decomposizioni

- Una decomposizione dovrebbe sempre soddisfare due requisiti:
 - la **decomposizione senza perdita**, che garantisce la ricostruzione delle informazioni originarie
 - la **conservazione delle dipendenze**, che garantisce il mantenimento dei vincoli di integrità originari

27

Un caso dove BCNF non è raggiungibile

<u>Dirigente</u>	<u>Progetto</u>	<u>Sede</u>
Rossi	Marte	Roma
Verdi	Giove	Milano
Verdi	Marte	Milano
Neri	Saturno	Milano
Neri	Venere	Milano

Progetto Sede → Dirigente
Dirigente → Sede

Una relazione **r** è in forma normale di Boyce e Codd se, per ogni dipendenza funzionale (non banale) $X \rightarrow Y$ definita su di essa, **X** è superchiave

28

La decomposizione è problematica

- **Progetto Sede** → **Dirigente** coinvolge tutti gli attributi e quindi nessuna decomposizione può preservare tale dipendenza
- quindi in alcuni casi la BCNF “non è raggiungibile”

29

Una nuova forma normale

- Una relazione **r** è in **terza forma normale** se, per ogni FD (non banale) $X \rightarrow Y$ definita su **r**, è verificata almeno una delle seguenti condizioni:
 - **X** contiene una chiave **K** di **r**
 - ogni attributo in **Y** è contenuto in almeno una chiave di **r**

30

BCNF e terza forma normale

- la terza forma normale è meno restrittiva della forma normale di Boyce e Codd (e ammette relazioni con alcune anomalie)
- ha il vantaggio però di essere sempre “raggiungibile”
- se una relazione ha una sola chiave, allora essa è in BCNF se e solo se è in 3NF

31

Decomposizione in terza forma normale

- si crea una relazione per ogni gruppo di attributi coinvolti in una dipendenza funzionale
- si verifica che alla fine una relazione contenga una chiave della relazione originaria
- Dipende dalle dipendenze individuate

32

Una possibile strategia

- se la relazione non è normalizzata si decompone in terza forma normale
- alla fine si verifica se lo schema ottenuto è anche in BCNF

33

Uno schema non decomponibile in BCNF

<u>Dirigente</u>	<u>Progetto</u>	<u>Sede</u>
Rossi	Marte	Roma
Verdi	Giove	Milano
Verdi	Marte	Milano
Neri	Saturno	Milano
Neri	Venere	Milano

Dirigente → Sede
Progetto Sede → Dirigente

34

Una possibile riorganizzazione

<u>Dirigente</u>	<u>Progetto</u>	<u>Sede</u>	<u>Reparto</u>
Rossi	Marte	Roma	1
Verdi	Giove	Milano	1
Verdi	Marte	Milano	1
Neri	Saturno	Milano	2
Neri	Venere	Milano	2

Dirigente → Sede Reparto

Sede Reparto → Dirigente

Progetto Sede → Reparto

Da notare che dipendenze sopra garantiscono che:

Dirigente → Sede

Progetto Sede → Dirigente

35

Decomposizione in BCNF

<u>Dirigente</u>	<u>Sede</u>	<u>Reparto</u>
Rossi	Roma	1
Verdi	Milano	1
Neri	Milano	2

Dirigente → Sede Reparto

Sede Reparto → Dirigente

<u>Progetto</u>	<u>Sede</u>	<u>Reparto</u>
Marte	Roma	1
Giove	Milano	1
Marte	Milano	1
Saturno	Milano	2
Venere	Milano	2

Progetto Sede → Reparto

Una relazione r è in forma normale di Boyce e Codd se, per ogni dipendenza funzionale (non banale) $X \rightarrow Y$ definita su di essa, X contiene una chiave di r

36

Altre forme normali

- **Prima Forma Normale (1NF)**

Richiede semplicemente che tutti gli attributi dello schema abbiano domini “atomici” (ovvero non siano composti o multivalore)

- **Seconda Forma Normale (2NF)**

Uno schema $R(X)$ è in seconda forma normale se e solo se ogni attributo non appartenente a nessuna chiave dipende completamente da ogni chiave (ovvero non dipende solamente da una parte di chiave)

Es. $R(\underline{\text{Impiegato}}, \text{Categoria}, \text{Stipendio})$

$\text{Impiegato} \rightarrow \text{Categoria}$

$\text{Categoria} \rightarrow \text{Stipendio}$

37

Teoria della normalizzazione

- I concetti visti possono essere formalizzati in maniera precisa
- Problema: data una relazione r e un insieme di dipendenze funzionali definite su r , generare una decomposizione di r che:
 - Sia senza perdita e conservi le dipendenze
 - Contenga solo relazioni normalizzate
- Faremo riferimento alla 3NF

38

Implicazione dipendenze funzionali

- Un insieme F di FD **implica** un'altra FD f se ogni relazione che soddisfa tutte le FD in F soddisfa anche f .
- Esempio:
 - $R(\text{Impiegato}, \text{Categoria}, \text{Stipendio})$
 - Le FD $\text{Impiegato} \rightarrow \text{Categoria}$ e $\text{Categoria} \rightarrow \text{Stipendio}$ implicano la FD $\text{Impiegato} \rightarrow \text{Stipendio}$.

39

Chiusura di un insieme di attributi

- Dati uno schema di relazione $R(U)$, un insieme F di FD definite su U e un insieme di attributi X contenuti in U (cioè $X \subseteq U$): la **chiusura** di X rispetto ad F , indicata con X_F^+ , è l'insieme degli attributi che dipendono funzionalmente da X :
$$X_F^+ = \{ A \mid A \in U \text{ e } F \text{ implica } X \rightarrow A \}$$
- Se A appartiene a X_F^+ allora $X \rightarrow A$ è implicata da F

40

Calcolo di X_F^+

Input: un insieme X di attributi e un insieme F di dipendenze funzionali

Es. $X = \{\text{Impiegato}\}$ e $F = \{\text{Impiegato} \rightarrow \text{Categoria}, \text{Categoria} \rightarrow \text{Stipendio}\}$

Output: un insieme X_p di attributi.

1. Inizializziamo X_p con l'insieme di input X .

$X_p = \{\text{Impiegato}\}$

2. Se esiste una FD $Y \rightarrow A$ in F con $Y \subseteq X_p$ e $A \notin X_p$, allora aggiungiamo A a X_p .

Siccome $\text{Impiegato} \rightarrow \text{Categoria}$, $X_p = \{\text{Impiegato}, \text{Categoria}\}$

3. Ripetiamo il passo (2) fino a quando non ci sono ulteriori attributi che possono essere aggiunti a X_p .

Siccome $\text{Categoria} \rightarrow \text{Stipendio}$, aggiungiamo anche Stipendio :

$X_p = \{\text{Impiegato}, \text{Categoria}, \text{Stipendio}\}$

Non possiamo aggiungere più niente. Analisi termina.

41

Chiusura e chiave

- Un insieme di attributi K è **superchiave** per uno schema di relazione $R(U)$ su cui è definito un insieme di dipendenze funzionali F se F implica $K \rightarrow U$.
- L'algoritmo appena mostrato può essere utilizzato per verificare se un insieme di attributi è **superchiave**.

Es. $R(\text{Impiegato}, \text{Categoria}, \text{Stipendio})$

$F = \{\text{Impiegato} \rightarrow \text{Categoria}$

$\text{Categoria} \rightarrow \text{Stipendio}\}$

$\{\text{Impiegato}\}_F^+ = \{\text{Impiegato}, \text{Categoria}, \text{Stipendio}\}$

Quindi, Impiegato è chiave di R

42

Coperture di dipendenze funzionali

- Due insiemi di dipendenze funzionali F_1 ed F_2 sono **equivalenti** se F_1 implica ciascuna dipendenza in F_2 e viceversa.
- Se due insiemi sono equivalenti diciamo anche che ognuno è una **copertura** dell'altro.
- Questa proprietà consente di utilizzare, dato un insieme di dipendenze, un altro, a esso equivalente, ma più semplice.

43

Proprietà desiderabili di FD

- Un insieme di dipendenze F è:
 - **non ridondante** se non esiste dipendenza $f \in F$ tale che $F - \{f\}$ implica f ;
 - **ridotto** se (i) è non ridondante e (ii) non esiste un insieme F' equivalente a F ottenuto eliminando attributi dai primi membri di una o più dipendenze di F .
- Esempio:

$$F_1 = \{A \rightarrow B; AB \rightarrow C; A \rightarrow C\}$$

44

Proprietà desiderabili di FD

- Un insieme di dipendenze F è:
 - **non ridondante** se non esiste dipendenza $f \in F$ tale che $F - \{f\}$ implica f ;
 - **ridotto** se (i) è non ridondante e (ii) non esiste un insieme F' equivalente a F ottenuto eliminando attributi dai primi membri di una o più dipendenze di F .
- Esempio:
$$F_1 = \{A \rightarrow B; AB \rightarrow C; A \rightarrow C\}$$

45

Proprietà desiderabili di FD

- Un insieme di dipendenze F è:
 - **non ridondante** se non esiste dipendenza $f \in F$ tale che $F - \{f\}$ implica f ;
 - **ridotto** se (i) è non ridondante e (ii) non esiste un insieme F' equivalente a F ottenuto eliminando attributi dai primi membri di una o più dipendenze di F .
- Esempio:
$$F_1 = \{A \rightarrow B; AB \rightarrow C; A \rightarrow C\}$$
$$F_2 = \{A \rightarrow B; AB \rightarrow C\}$$

46

Proprietà desiderabili di FD

- Un insieme di dipendenze F è:
 - **non ridondante** se non esiste dipendenza $f \in F$ tale che $F - \{f\}$ implica f ;
 - **ridotto** se (i) è non ridondante e (ii) non esiste un insieme F' equivalente a F ottenuto eliminando attributi dai primi membri di una o più dipendenze di F .
- Esempio:

$$F_1 = \{A \rightarrow B; AB \rightarrow C; A \rightarrow C\}$$

$$F_2 = \{A \rightarrow B; AB \rightarrow C\}$$

$$F_3 = \{A \rightarrow B; A \rightarrow C\}$$

47

Calcolo copertura ridotta

1. Sostituiamo l'insieme dato con quello equivalente che ha tutti i secondi membri costituiti da singoli attributi;
2. Eliminiamo le dipendenze ridondanti;
3. Per ogni dipendenza verifichiamo se esistono attributi eliminabili dal primo membro.
 - In pratica, per ogni dipendenza $X \rightarrow A \in F$, verifichiamo se esiste $Y \subseteq X$ tale che F è equivalente a $F - \{X \rightarrow A\} \cup \{Y \rightarrow A\}$.

48

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo 1: $M \rightarrow R$, $M \rightarrow S$, $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$MS \rightarrow C$, $MS \rightarrow D$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow A$, $MPD \rightarrow M$.

49

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo 2: $M \rightarrow R$, $M \rightarrow S$, $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$MS \rightarrow C$, $MS \rightarrow D$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow A$, $MPD \rightarrow M$.

50

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo 2: $M \rightarrow R$, $M \rightarrow S$, $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$MS \rightarrow C$, $MS \rightarrow D$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow A$.

51

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo2: **$M \rightarrow R$** , $M \rightarrow S$, $M \rightarrow D$, **$M \rightarrow G$** ,

$MS \rightarrow C$, $MS \rightarrow D$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow A$.

52

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo2: $M \rightarrow S$, $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$MS \rightarrow C$, $MS \rightarrow D$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow A$.

53

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo2: $M \rightarrow S$, $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$MS \rightarrow C$, $MS \rightarrow D$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow A$.

54

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,
 $G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,
 $MPD \rightarrow AM$.

Passo2: $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,
 $MS \rightarrow C$, $MS \rightarrow D$,
 $G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,
 $MPD \rightarrow A$.

55

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,
 $G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,
 $MPD \rightarrow AM$.

Passo 2: $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,
 $MS \rightarrow C$, $MS \rightarrow D$,
 $G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,
 $MPD \rightarrow A$.

56

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo 2: $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$MS \rightarrow C$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow A$.

57

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo3: $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$MS \rightarrow C$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow A$.

58

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo3: $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$MS \rightarrow C$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MP \rightarrow A$.

59

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

Passo3: $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$M\cancel{S} \rightarrow C$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MP \rightarrow A$.

60

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MPD \rightarrow AM$.

FINE: $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$,

$M \rightarrow C$,

$G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$,

$MP \rightarrow A$.

61

Sintesi di schemi in 3NF

Dati uno schema $R(U)$ e un insieme di dipendenze F su U

1. Viene calcolata una copertura ridotta G di F ;
2. G viene partizionato in sottoinsiemi tali che a ogni insieme appartengono dipendenze che hanno primi membri con la stessa chiusura;
3. Viene costruito un insieme \mathbf{U} di sottoinsiemi di U , uno per ciascuna partizione di dipendenze, con tutti gli attributi coinvolti nella partizione;
4. Se un elemento di \mathbf{U} è propriamente contenuto in un altro, allora esso viene eliminato da \mathbf{U} ;
5. Viene costruito uno schema di relazione $R_i(U_i)$ per ciascun elemento $U_i \in \mathbf{U}$ con associate le dipendenze in G i cui attributi sono tutti contenuti in U_i ;
6. Se nessuno degli U_i è **superchiave** per $R(U)$, allora viene calcolata una chiave K di $R(U)$ e viene aggiunto allo schema generato uno schema di relazione sugli attributi K , senza dipendenze.

62

Esempio

Schema: R(MCGRDSPA)

FD: $M \rightarrow RSDG$, $MS \rightarrow CD$, $G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$, $MPD \rightarrow AM$.

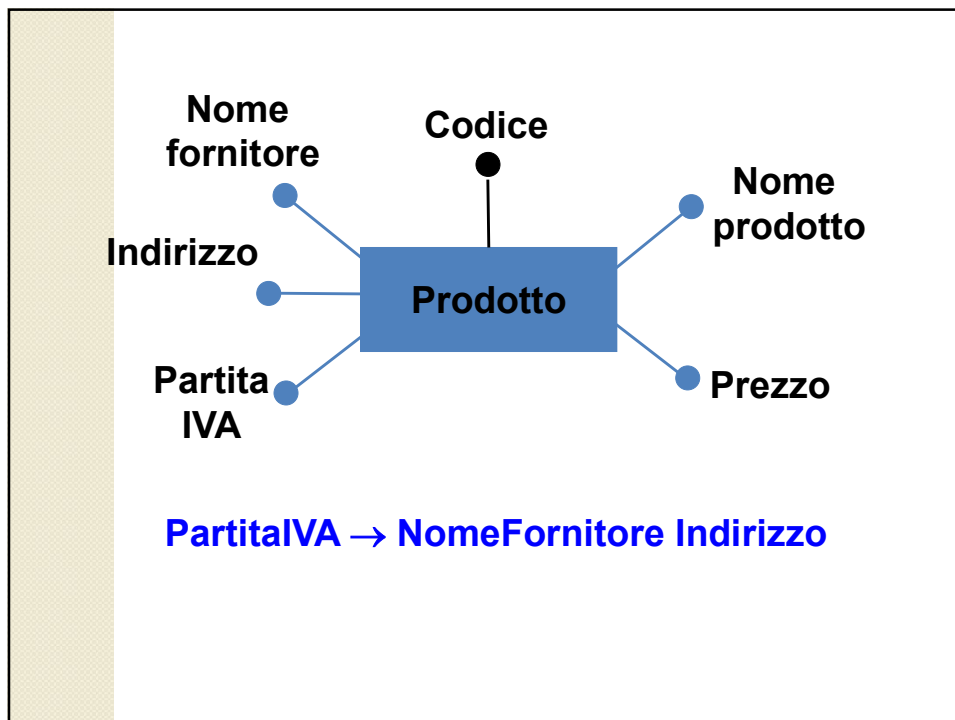
- Al passo 1, si ottiene la copertura ridotta:
 $M \rightarrow D$, $M \rightarrow G$, $M \rightarrow C$, $G \rightarrow R$, $D \rightarrow S$, $S \rightarrow D$, $MP \rightarrow A$.
- Al passo 2, si partiziona la copertura negli insiemi:
 $G_1 = \{ M \rightarrow D; M \rightarrow G; M \rightarrow C \}$, $G_2 = \{ G \rightarrow R \}$,
 $G_3 = \{ D \rightarrow S; S \rightarrow D \}$, $G_4 = \{ MP \rightarrow A \}$
- I passi 3, 4 e 5 costruiscono uno schema di relazione per ciascuna partizione (senza eliminazioni), con le dipendenze corrispondenti. In particolare, al passo 3 si calcola $U = \{ \{MDGC\}, \{GR\}, \{DS\}, \{MPA\} \}$
passo 4 lascia U inalterato, al passo 5 si creano gli schemi
 - $R_1(MDGC)$, con le dipendenze $\{M \rightarrow D; M \rightarrow G; M \rightarrow C\}$
 - $R_2(GR)$ con $\{G \rightarrow R\}$
 - $R_3(DS)$ con $\{D \rightarrow S; S \rightarrow D\}$
 - $R_4(MPA)$ con $\{MP \rightarrow A\}$
- Il passo 6 non ha effetti, perché MP è chiave per la R.
- Quindi, viene generato lo schema con le relazioni definite al passo 5.

63

Progettazione e normalizzazione

- la teoria della normalizzazione può essere usata nella progettazione logica per verificare lo schema relazionale finale
- si può usare anche durante la progettazione concettuale per verificare la qualità dello schema concettuale

64



65

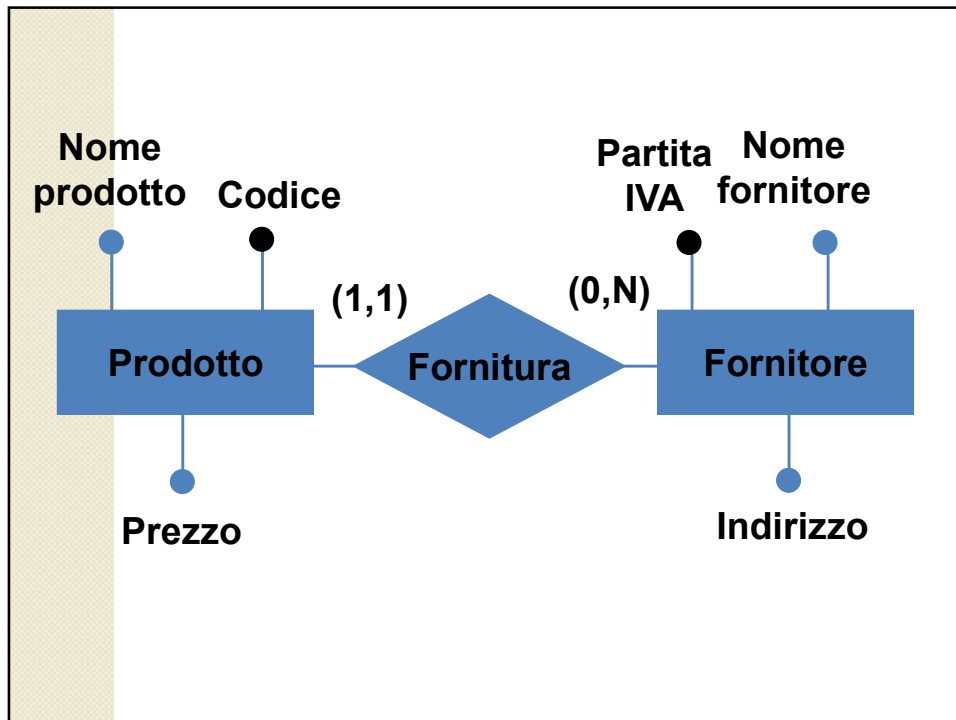
Analisi dell'entità

- L'entità viola la forma normale a causa della dipendenza:

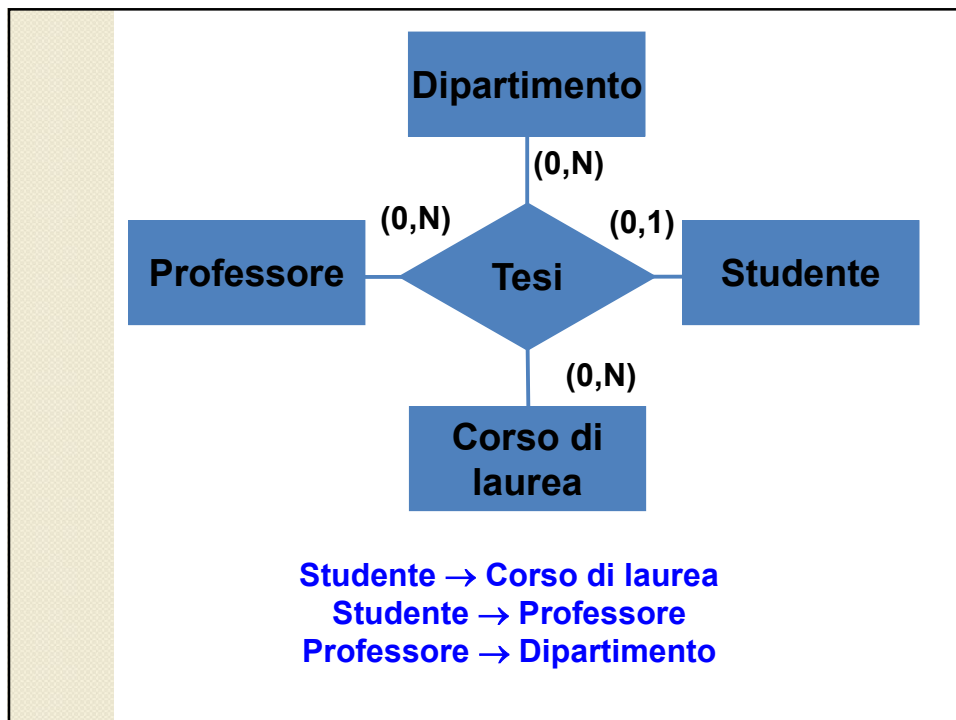
PartitaIVA → NomeFornitore Indirizzo

- Possiamo decomporre sulla base di questa dipendenza

66



67



68

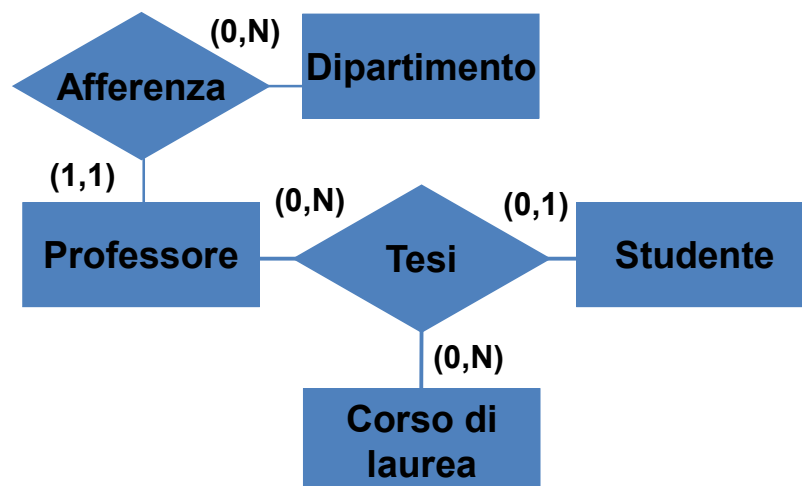
Analisi della relationship

- La relationship viola la terza forma normale a causa della dipendenza:

Professore → Dipartimento

- Possiamo decomporre sulla base di questa dipendenza

69



70

Ulteriore analisi sulla base delle dipendenze

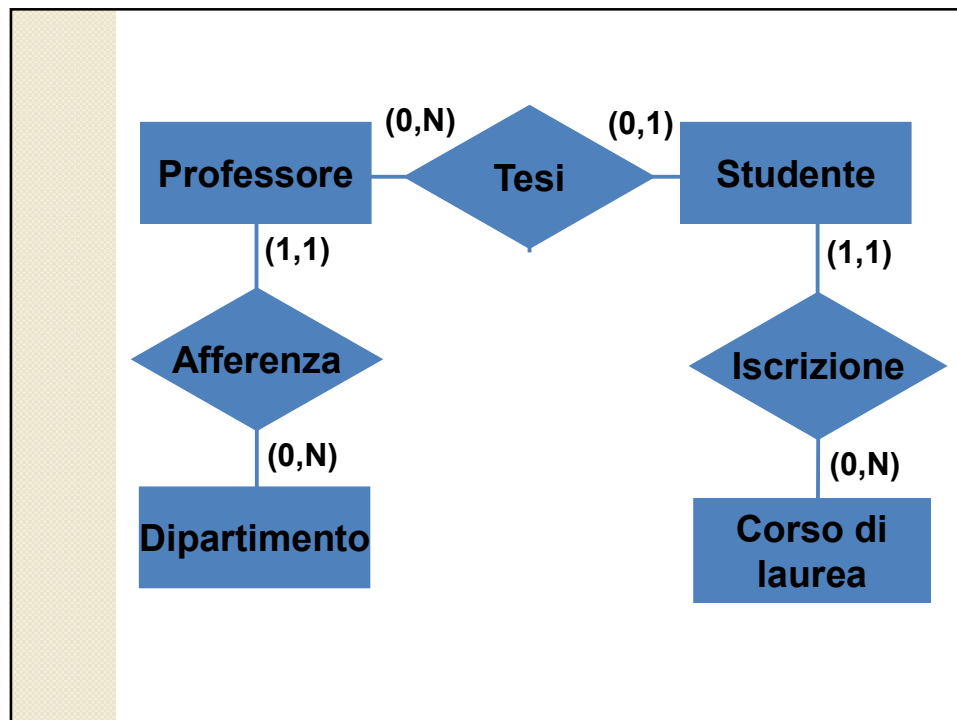
- La relationship **Tesi** è in BCNF sulla base delle dipendenze

Studente → **CorsoDiLaurea**

Studente → **Professore**

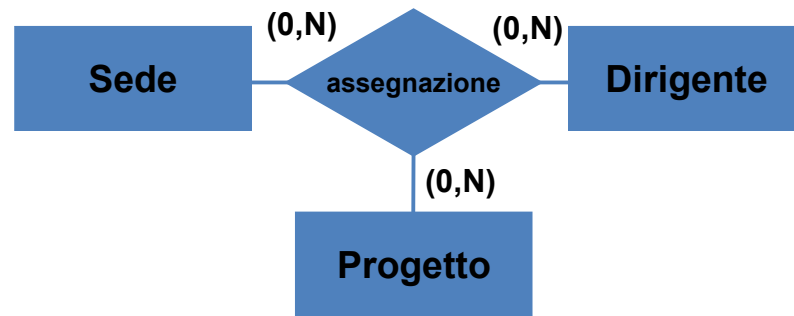
- le due proprietà sono indipendenti
- questo suggerisce una ulteriore decomposizione

71



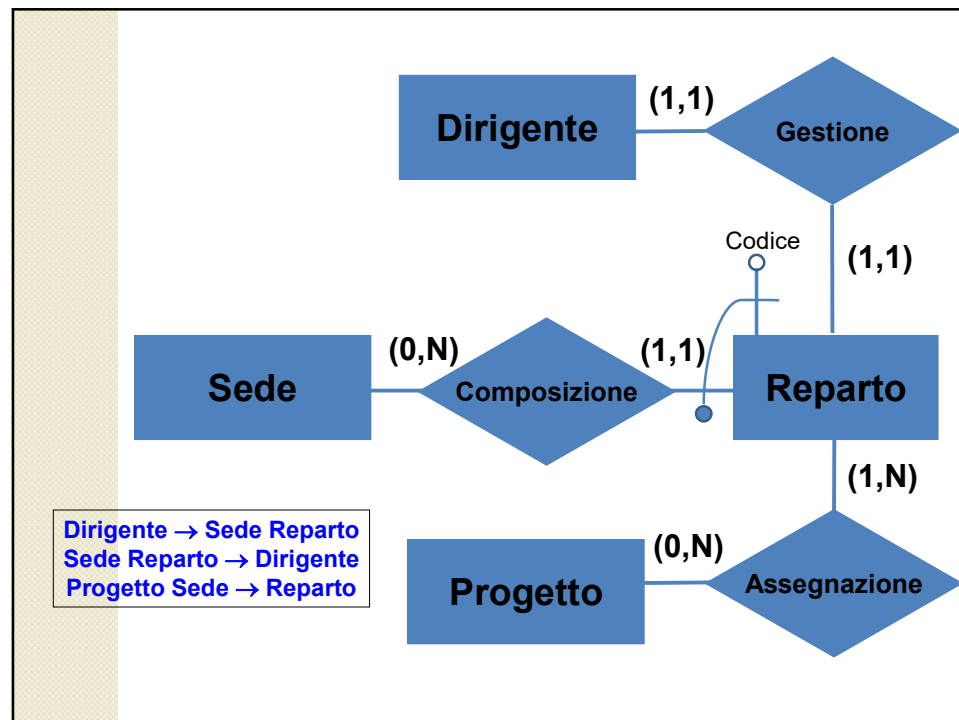
72

Un'associazione difficile da decomporre



Progetto Sede → Dirigente
Dirigente → Sede

73



Dirigente → Sede Reparto
Sede Reparto → Dirigente
Progetto Sede → Reparto

74