

## NORMALIZZAZIONE

Francesca Gasparini  
gasparini@disco.unimib.it

### Normalizzazione

- **Forma normale di uno schema relazionale**  
Proprietà che certifica la qualità dello schema di una base di dati
- **Normalizzazione di uno schema relazionale**  
Permette di ridurre ridondanze che danno problemi in fase di aggiornamento
  - Anomalie e ridondanze
  - Dipendenza funzionale
  - Forma normale di Boyce e Codd
  - Decomposizione senza perdita di informazione di uno schema relazionale

### Una relazione con anomalie

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

• Lo stipendio di ciascun impiegato è unico ed è indipendente dal numero e dal tipo di progetto a cui partecipa.

• Il bilancio di ciascun progetto è unico indipendentemente dagli impiegati che vi partecipano

### Alcune anomalie presenti nella relazione

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

Lo stipendio di ciascun impiegato è ripetuto in tutte le ennuple relative all' impiegato → ridondanza

### Alcune anomalie presenti nella relazione

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

Se lo stipendio di un impiegato varia, è necessario modificarne contemporaneamente il valore in diverse ennuple → anomalia di aggiornamento

### Alcune anomalie presenti nella relazione

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

Se un impiegato interrompe la partecipazione a tutti i progetti, ma non va via dall'azienda, dobbiamo cancellarlo, a meno di ammettere valore null sulla chiave (progetto) NON SI PUO' → anomalia di cancellazione

### Alcune anomalie presenti nella relazione

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

Un nuovo impiegato non può essere inserito senza inserire anche un progetto → anomalia di inserimento

### Esempi di anomalie: riassunto

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

### Perché questi fenomeni indesiderabili?

- Perché 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
- Cerchiamo di capire come sia possibile trattare formalmente tutti questi comportamenti anomali e definire un concetto di schema che non presenta anomalie

## Forme normali e normalizzazione

### Forme normali

- Una forma normale è una proprietà di uno schema relazionale (e di tutte le sue istanze) che ne garantisce l'assenza di determinati difetti, detti anomalie.
- Quando una relazione non è normalizzata:
  - presenta ridondanze,
  - si presta a comportamenti non desiderabili durante gli aggiornamenti

### Normalizzazione

- Procedura che permette di trasformare schemi non normalizzati in schemi che sono in 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

### dipendenza funzionale

Per studiare in maniera sistematica questi aspetti, è necessario introdurre un nuovo vincolo di integrità: la dipendenza funzionale

descrive legami di tipo funzionale tra attributi di una relazione

### Proprietà dello schema della relazione (verifichiamole sulla relazione esempio)

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

• Ogni impiegato ha un solo stipendio (anche se partecipa a più progetti)

→ tra impiegato e stipendio è definita una funzione

### Proprietà dello schema della relazione (verifichiamole sulla relazione esempio)

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

• Ogni progetto ha un bilancio

→ tra progetto e bilancio è definita una funzione

### Proprietà dello schema della relazione (verifichiamole sulla relazione esempio)

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

• Ogni impiegato in ciascun progetto ha una sola funzione (anche se può avere funzioni diverse in progetti diversi)

### Proprietà dello schema della relazione

- Ogni impiegato ha un solo stipendio (anche se partecipa a più progetti).
  - Si può dire che il valore dell'attributo impiegato determina il valore dell'attributo stipendio. Cioè formalmente esiste una funzione che associa ad ogni elemento del dominio dell'attributo Impiegato un solo elemento del dominio dell'attributo Stipendio.
- Ogni progetto ha un bilancio.
  - Il valore dell'attributo progetto determina il valore dell'attributo Bilancio
- Ogni impiegato in ciascun progetto ha una sola funzione (anche se può avere funzioni diverse in progetti diversi)

### Dipendenza funzionale

Data

1. una relazione  $r$  su  $R(X)$
2. due sottoinsiemi di attributi  $Y$  e  $Z$  di  $X$  non vuoti

Diciamo che esiste in  $r$  una dipendenza funzionale (FD) da  $Y$  a  $Z$  (e scriviamo  $Y \rightarrow Z$ ) 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  $Z$

Diciamo che nello schema  $R(X)$  è definita la FD  $Y \rightarrow Z$  se la proprietà precedente è valida per tutte le istanze  $r$  di  $R$

Notazione:  $X \rightarrow Y$   
**Esempi di dipendenze definite nella rel esempio**

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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  $\rightarrow$  Stipendio

Notazione:  $X \rightarrow Y$   
**Esempi di dipendenze definite nella rel esempio**

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

Progetto  $\rightarrow$  Bilancio  
 Impiegato Progetto  $\rightarrow$  Funzione

Notazione:  $X \rightarrow Y$   
**In tutto tre dipendenze funzionali**

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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  $\rightarrow$  Stipendio  
 Progetto  $\rightarrow$  Bilancio  
 Impiegato Progetto  $\rightarrow$  Funzione

**Proprietà e corrispondenti dipendenze funzionali**

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

**Altre FD definite sullo schema**

- Impiegato Progetto  $\rightarrow$  Progetto
  - Vera in base alla definizione
- Si tratta però di una FD "banale" (sempre soddisfatta)
- $Y \rightarrow A$  è non banale se A non appartiene a Y

**Legame tra DF e chiavi**

- Data una chiave K di una relazione r (e schema R), esiste dipendenza funzionale  $K \rightarrow A$  tra K e qualunque attributo o insieme di attributi di r (R). Per definizione stessa di chiave!
- Perciò nel nostro esempio
  - Impiegato Progetto  $\rightarrow$  Funzione, anzi
  - Impiegato Progetto  $\rightarrow$  Stipendio Bilancio Funzione quindi esiste dipendenza funzionale tra chiave e tutti attributi della relazione (esclusi quelli che appartengono alla chiave  $\rightarrow$  dipendenza funzionale banale)
- Il vincolo di dipendenza funzionale generalizza quello di chiave. In particolare la dipendenza funzionale su  $K \rightarrow A$  su schema R(X) degenera in vincolo di chiave se  $A \cup K = X$ .

### Anomalie e dipendenze funzionali

- gli impiegati hanno un unico stipendio  
Impiegato → Stipendio
- i progetti hanno un unico bilancio  
Progetto → Bilancio

Infatti.....

### Relazione tra anomalie e dip funzionali

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

Lo stipendio di ciascun impiegato è ripetuto in tutte le ennuple relative

Ridondanza causata dalla dipendenza funzionale  
Impiegato → Stipendio

### Relazione tra anomalie e dip funzionali

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

Se cambia il bilancio di un progetto occorre modificarlo in tutte le n-ple del progetto

Ridondanza causata dalla dipendenza funzionale  
Progetto → Bilancio

### Non tutte le FD causano anomalie

- In ciascun progetto, un impiegato svolge una sola funzione

Impiegato Progetto → Funzione

- Non vi sono anomalie "causate" da questa dipendenza

### Una differenza fra FD

Impiegato → Stipendio

Progetto → Bilancio

causano anomalie

Impiegato Progetto → Funzione  
non causa anomalie

Perché?

Impiegato	Stipendio	Progetto	Bilancio	Funzione
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

### 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 alcuni attributi che dipendono dalla chiave e altri attributi che dipendono solo da parte della chiave

### Riassumiamo

- 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

### Riassumiamo

Impiegato → Stipendio  
Progetto → Bilancio  
Impiegato Progetto → Funzione

- Impiegato Progetto è chiave
- Impiegato da solo no
- Progetto da solo no
- Le anomalie sono causate dalla presenza di concetti eterogenei:
  - proprietà degli impiegati (lo stipendio)
  - proprietà di progetti (il bilancio)
  - proprietà della chiave Impiegato Progetto

### Altro esempio

CF	Comune	Provincia	Regione
CB346	Agrate	Milano	Lombardia
FR543	Cavenago	Milano	Lombardia
GR342	Cambiago	Milano	Lombardia
KB432	Sondrio	Sondrio	Lombardia
GR657	Tivoli	Roma	Lazio
KF456	Ciampino	Roma	Lazio

qui si hanno solo anomalie di ridondanza, perché i comuni sono piuttosto stabili

N.B. Anomalie possibili: Ridondanza; anomalia di aggiornamento; anomalia di cancellazione; anomalia di inserimento

### Altro esempio

Rapp. a colori della dip. funzionale

Dipendenze Funzionali

Istanza

CF	Comune	Provincia	Regione
CF	Comune	Provincia	Regione
CF	Comune	Provincia	Regione
CB346	Agrate	Milano	Lombardia
FR543	Cavenago	Milano	Lombardia
GR342	Cambiago	Milano	Lombardia
KB432	Sondrio	Sondrio	Lombardia
GR657	Tivoli	Roma	Lazio
KF456	Ciampino	Roma	Lazio

### Forme normali

- Introduciamo delle proprietà dette *forme normali* definite con riferimento alle dipendenze formali.
- Le forme normali sono soddisfatte quando non ci sono anomalie.
- Nell'esempio, le anomalie sono legate proprio agli attributi coinvolti nelle dipendenze funzionali.
- In particolare problemi si hanno quando le dipendenze funzionali del tipo  $X \rightarrow A$  permettono la presenza di più tuple uguali su X, quindi nei casi in cui X non sia (SUPER)CHIAVE

### Forma normale di Boyce e Codd (BCNF)

- Una relazione  $r$  (e il corrispondente schema  $R$ ) 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  $K$  di  $r$ , cioè  $X$  è superchiave
- *Non ci possono essere dipendenze definite su parte della chiave.*
- *La forma normale richiede che i concetti in una relazione siano omogenei (solo proprietà direttamente associate alla chiave)*

### La nostra relazione esempio e' in BCNF?

No! perché presenta dipendenze funzionali (non banali)

Impiegato  $\rightarrow$  Stipendio

Progetto  $\rightarrow$  Bilancio

che sono definite solo su parti della chiave:

Impiegato, Progetto

### Altro esempio

Residenza (Codice fiscale, Comune, Provincia, Regione)

La chiave è Codice fiscale

Le dipendenze funzionali sono:

Codice fiscale  $\rightarrow$  Comune, Provincia, Regione

Comune  $\rightarrow$  Provincia, Regione

Provincia  $\rightarrow$  Regione

• **Non è in BCNF**

### Che fare se una relazione non soddisfa la BCNF?

- La sostituiamo con altre relazioni che soddisfano la BCNF

Come?

- Tramite una operazione di normalizzazione, cioè decomponendola in relazioni diverse, più piccole, sulla base delle dipendenze funzionali.
- Se una relazione contiene più concetti indipendenti, si ottengono più relazioni omogenee e si è in grado di soddisfare per ciascuna la proprietà di forma normale di Boyce e Codd

### Procedura di normalizzazione

Schema non normalizzato



Normalizzazione tramite decomposizione



Schema normalizzato

### Schema non normalizzato

<u>Impiegato</u>	Stipendio	<u>Progetto</u>	Bilancio	Funzione
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

### Schema normalizzato decomposto

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

### normalizzazione

Verifichiamo che il nuovo schema sia in BCNF  
Associando le dipendenze funzionali alle relazioni

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

Impiegato → Stipendio

Progetto → Bilancio

Impiegato Progetto → Funzione

### normalizzazione

E' in forma normale di Boyce e Codd!  
Perche' rispetta la sua definizione:  
in ogni relazione sono solo definite dipendenze di chiave

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

Impiegato → Stipendio

Progetto → Bilancio

Impiegato Progetto → Funzione

### normalizzazione

In questo esempio la separazione delle dipendenze è stata facilitata dalla  
forma delle stesse dipendenze funzionali *naturalmente separate ed  
indipendenti l'una dall'altra.*

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

Impiegato → Stipendio

Progetto → Bilancio

Impiegato Progetto → Funzione

In generale le DF possono avere una forma più complessa.

### Procedura generale per normalizzare uno schema

Dato uno schema R(A1, ..., An)

1. Trovare le sue dipendenze funzionali non banali
2. Verificare se e' in BCNF
3. Se si, non occorre decomporlo

Se no:

- 3.1 Decomponi lo schema in due relazioni, cercando di mettere in ogni relazione solo dipendenze di chiave
- 3.2. Verifica se il nuovo schema e' in BCNF
- 3.3. Se no itera nuovamente dal passo 3.1 decomponendo le relazioni ancora non in BCNF.
- 3.4 Altrimenti termina

### Nel nostro caso abbiamo bisogno di due passi

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



**Non sempre e' così facile  
consideriamo la relazione**

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

Dipendenze funzionali:  
 Impiegato → Sede  
 Progetto → Sede

Chiave: Impiegato, Progetto

**E' in BCNF?**

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

No:  
 Perché ci sono  
 due dipendenze  
 definite su parte  
 della chiave

Dipendenze funzionali:  
 Impiegato → Sede  
 Progetto → Sede  
 Chiave: Impiegato, Progetto

**decomposizione**

Decomponiamo sulla base delle dipendenze, proiettando  
 sugli attributi corrispondenti

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

**Proviamo a ricostruire  
 su attributo comune (sede) con join naturale**

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!

**decomposizione**

- Non tutte le decomposizioni sono desiderabili
- Bisogna quindi individuare delle proprietà essenziali  
 che devono essere soddisfatte da una buona  
 decomposizione
  - Decomposizione senza perdita

**Decomposizione senza perdita**

- Una relazione  $r$  (e il corrispondente schema  $R$ ) si  
 decompone senza perdita di informazione 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)
- Abbiamo già visto nella parte sull'algebra  
 relazionale che (condiz. sufficiente):
  - La decomposizione senza perdita è garantita se  
 l'insieme degli attributi comuni alle due relazioni è  
 chiave per almeno una delle relazioni decomposte

### Proviamo a decomporre senza perdita

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

R1

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

R2

Impiegato	Sede
Rossi	Roma
Verdi	Milano
Neri	Milano

Impiegato → Sede  
Progetto → Sede

### Esito della decomposizione

La decomposizione

Impiegato, Sede

Impiegato, Progetto

- 1. e' in BCNF (perche' rispetta la definizione, sia in R1 che in R2 tutte le dipendenze sono di chiave)
- 2. e' senza perdita di informazione (perche' rispetta la proprieta' → Impiegato e' chiave di R2)

### Un altro problema: aggiornamento

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

Impiegato	Sede
Rossi	Roma
Verdi	Milano
Neri	Milano

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

Impiegato → Sede  
Progetto → Sede

### Un altro problema: aggiornamento

Aggiorniamo la seconda relazione dello schema decomposto

Impiegato	Sede
Rossi	Roma
Verdi	Milano
Neri	Milano

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

### Un altro problema: aggiornamento

Aggiorniamo la relazione dello schema non decomposto

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

La corrispondente relazione nello schema non decomposto non rispetta piu' la dipendenza funzionale Progetto → Sede

### Conservazione delle dipendenze

- Una decomposizione conserva le dipendenze se ciascuna delle dipendenze funzionali dello schema originario puo' essere rappresentata nello schema decomposto, cioe' coinvolge attributi che compaiono tutti insieme in uno degli schemi di relazione decomposti
- Progetto → Sede non è conservata, perche' non e' rappresentata in nessuna relazione dello schema decomposto

### Qualità delle decomposizioni

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

### Esercizio

Verificare se lo schema e' in BCNF.

Esame (Codice Studente, Codice Corso, Eta' studente, Anno corso, Voto)

Se non lo e', trovare una decomposizione senza perdita e con conservazione delle dipendenze in uno schema che sia in BCNF.

chiave: Codice Studente, Codice Corso

### Esercizio

Lo schema

Esame (Codice Studente, Codice Corso, Eta' studente, Nome corso, Voto)

Rispetta le dipendenze

Codice Studente → Eta' studente

Codice corso → Nome corso

Codice studente, Codice corso → Voto

Quindi non e' in BCNF (due delle dipendenze non sono dipendenze di chiave)

### Soluzione - 1

Decomponendo una prima volta la relazione

Esame (Codice Stud, Codice Corso, Eta' studente, Anno corso, Voto)

otteniamo lo schema

Studente (Codice Stud, Eta' studente)

Esame1 (Codice Stud, Codice Corso, Nome corso, Voto)

Che non e' in BCNF. Decomponendo Esame1 otteniamo:

Studente (Codice Stud, Eta' studente)

Esame2 (Codice Stud, Codice Corso, Voto)

Corso (Codice Corso, Nome corso)

### Soluzione - 2

Lo schema

Studente (Codice Stud, Eta' studente)

Esame2 (Codice Stud, Codice Corso, Voto)

Corso (Codice Corso, Anno corso)

Rispetta:

1. la BCNF
2. la decomposizione senza perdita (per le due decomposizioni e quindi anche per la composizione delle due)
3. la proprieta' di conservazione delle dipendenze (perche' le rappresenta tutte nelle diverse relazioni)