

Qualità di schemi relazionali

Non sempre dalla fase di progettazione si ottiene uno schema privo di difetti:

- Possono sorgere dei problemi nella fase di mapping da ER a Relazionale
- Si può ottenere uno schema non ottimale progettando direttamente uno schema logico saltando la fase di analisi concettuale.

Tali difetti possono portare ad anomalie nella base di dati

Misure informali di qualità

- Esistono delle **misure** informali di qualità per il disegno di schemi di relazione:
 1. Semantica degli attributi
 2. Riduzione dei valori ridondanti nelle tuple
 3. Riduzione dei valori null nelle tuple
 4. Non consentire tuple spurie
- Tali misure non sempre sono indipendenti tra loro

1) Semantica degli attributi di una relazione

- Quando si raggruppano gli attributi in uno schema di relazione, assumiamo che essi abbiano associato un significato.
- Il significato, o **semantica**, specifica come interpretare i valori degli attributi di una relazione:
 - Più è semplice spiegare la semantica della relazione, migliore è il disegno dello schema di relazione.

1) Semantica degli attributi: Esempio

EMPLOYEE

ENAME	<u>SSN</u>	BDATE	ADDRESS	DNUMBER
-------	------------	-------	---------	---------

p.k.

f.k.

DEPARTMENT

DNAME	<u>DNUMBER</u>	DMGRSSN
-------	----------------	---------

p.k.

f.k.

DEPT_LOCATIONS

<u>DNUMBER</u>	<u>DLOCATION</u>
----------------	------------------

p.k.

f.k.

PROJECT

PNAME	<u>PNUMBER</u>	PLOCATION	DNUM
-------	----------------	-----------	------

p.k.

f.k.

WORKS_ON

<u>SSN</u>	<u>PNUMBER</u>	HOURS
------------	----------------	-------

p.k.

f.k.

f.k.

Versione semplificata
dello schema del
database Company

1) Semantica degli attributi: Spiegazione significato

- Significato dello schema del database:
 - ENAME, SSN, BDATE, ADDRESS → dati dell'impiegato
 - DNUMBER → dipartimento per cui lavora
 - DNUMBER (foreign key) → relazione implicita tra EMPLOYEE e DEPARTMENT
 - DEPARTMENT → un'entità dipartimento
 - PROJECT → una entità progetto
 - f.k. DMGRSSN (di DEPARTMENT) → correla il dipartimento all'impiegato che è suo manager

1) Semantica degli attributi: Spiegazione significato

- f.k. DNUM (di PROJECT) → correla un progetto al dipartimento che lo controlla
- Ogni tupla in DEPT_LOCATIONS contiene un numero di dipartimento (DNUMBER) e una delle sedi del dipartimento (DLOCATIONS)
- Ogni tupla in WORKS_ON contiene l'SSN (Codice Fiscale) di un impiegato, il numero di progetto PNUMBER di uno dei progetti su cui lavora, ed il numero di ore settimanali HOURS.

1) Semantica degli attributi:

Conclusione

- DEPT_LOCATIONS → rappresenta un attributo multivalore di DEPARTMENT
- WORKS_ON → rappresenta una relazione di cardinalità M:N tra EMPLOYEE e PROJECT
- Tutte le relazioni possono quindi essere considerate “buone” se hanno una semantica chiara.

Linea guida 1

- Disegnare uno schema di relazione del quale sia facile spiegarne il significato.
- Non combinare attributi da entità e relazioni differenti in una singola tabella.

Linea guida 1: Esempio

Consideriamo le due tabelle

EMP_DEPT						
ENAME	<u>SSN</u>	BDATE	ADDRESS	DNUMBER	DNAME	DMGRSSN

EMP_PROJ					
<u>SSN</u>	<u>PNUMBER</u>	HOURS	ENAME	PNAME	PLOCATION

- EMP_DEPT → ogni entità rappresenta un impiegato, ma include informazioni sul dipartimento in cui lavora.
- EMP_PROJ → ogni tupla correla un impiegato ad un progetto, ma richiede anche il nome dell'impiegato ENAME ed il nome e la locazione del progetto, PNAME e PLOCATION.

Anche questi schemi di relazione hanno una semantica chiara, però entrambi contravvengono la linea guida 1, contenendo attributi di entità distinte₁₀

2) Riduzione dei valori ridondanti nelle tuple

- Un obiettivo nel disegno dello schema è quello di minimizzare lo spazio di memoria occupato dalle relazioni base.

2) Riduzione di valori ridondanti nelle tuple: Esempio

- Oltre all'occupazione di più spazio, le tabelle EMP_DEPT e EMP_PROJ presentano anche il problema delle “anomalie di aggiornamento” (update anomalies)...

Anomalie di Aggiornamento (Update Anomalies)

- Le anomalie di aggiornamento possono sorgere durante la gestione di un database relazionale progettato in modo non corretto.
- Si dividono in:
 - Anomalie di Inserimento (Insertion Anomalies)
 - Anomalie di Cancellazione (Deletion Anomalies)
 - Anomalie di Modifica (Modification Anomalies)

Anomalie di Inserimento

- Possono essere di due tipi. Ad es., riferendosi allo schema EMP_DEPT:

EMP_DEPT						
ENAME	<u>SSN</u>	BDATE	ADDRESS	DNUMBER	DNAME	DMGRSSN

1. Per inserire una nuova tupla di IMPIEGATO, dobbiamo richiedere anche i valori degli attributi del dipartimento per cui lavora.

Inoltre tali valori devono essere consistenti.

- Esempio: per inserire un nuovo impiegato ed assegnarlo al dipartimento 5, dobbiamo inserire i valori degli attributi DNAME e DMGRSSN consistenti con gli stessi valori di altre tuple in EMP_DEPT per il dipartimento 5.

Anomalie di Inserimento (2)

EMP_DEPT						
ENAME	<u>SSN</u>	BDATE	ADDRESS	DNUMBER	DNAME	DMGRSSN

2. E' difficile inserire un nuovo dipartimento nella relazione EMP_DEPT, se questo non ha ancora impiegati. L'unico modo è di inserirlo ponendo a null gli attributi per l'impiegato, ma ciò crea un problema poiché SSN è la chiave primaria. Inoltre, quando si inserisce la tupla per il primo impiegato del dipartimento, non serve più la tupla con valori null.

Anomalie di Cancellazione (Deletion Anomalies)

- Questo problema è correlato al problema delle anomalie di inserimento:

Se cancelliamo da EMP_DEPT la tupla relativa all'ultimo impiegato che lavora per un particolare dipartimento, l'informazione sul dipartimento viene persa nel database.

Anomalie di Modifica (Modification Anomalies)

- Se cambiamo il valore di uno degli attributi di un particolare dipartimento, dobbiamo aggiornare le tuple di tutti gli impiegati che lavorano per quel dipartimento. Altrimenti il database diventa inconsistente.

Linea guida 2

- Disegnare gli schemi di relazione di base in modo che non possano verificarsi anomalie di inserimento, cancellazione o modifica.
- Talvolta le linee guida possono essere violate per scopi di efficienza. Una soluzione migliore potrebbe essere quella di **definire delle viste**.
- Pertanto, se si decide di mantenere un'anomalia, bisogna fare in modo che i programmi che aggiornano il database operino correttamente.

3) Riduzione dei valori NULL nelle tuple

- Se nel disegno di uno schema di database raggruppiamo molti attributi in una relazione, può capitare che alcuni degli attributi non riguardano tutte le tuple. Pertanto, possiamo avere molti valori NULL.
- Oltre allo spreco di spazio, ciò crea problemi con le funzioni di aggregazione COUNT e SUM.

Interpretazioni di NULL

- Il valore NULL può avere diverse interpretazioni:
 - L'attributo non si applica alla tupla
 - Il valore dell'attributo per la tupla non è noto
 - Il valore dell'attributo è noto, ma assente, cioè non è stato ancora registrato.

Linea guida 3

- Evitare, per quanto possibile, di porre in una tabella attributi i cui valori possono essere null.
- Se i valori null sono inevitabili, assicurarsi che essi ricorrano in casi eccezionali e non per la maggioranza delle tuple.

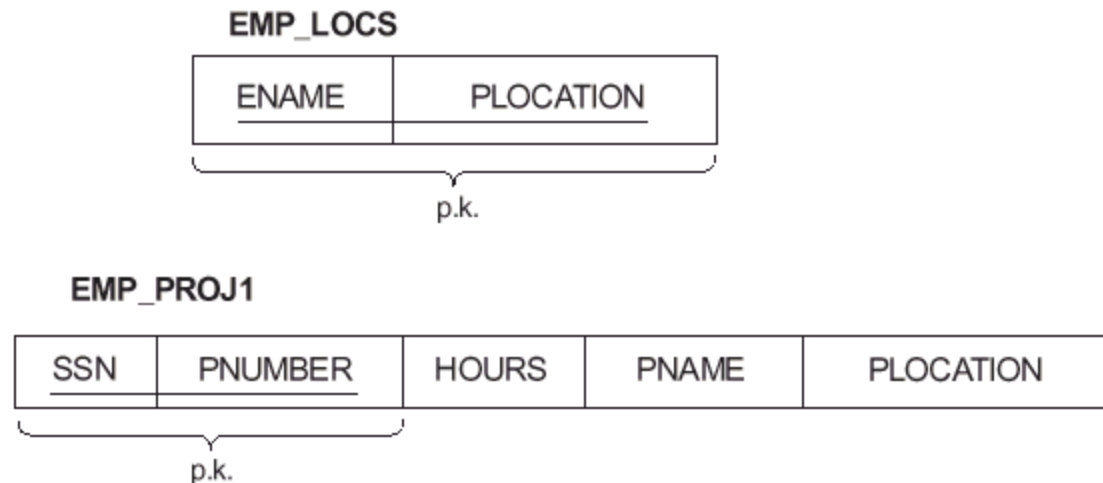
Linea guida 3: Esempio

- Se solo il 10% degli impiegati ha un ufficio individuale, non ha senso includere l'attributo OFFICE_NUMBER nella tabella EMPLOYEE; piuttosto è più corretto creare la tabella:

EMP_OFFICES (ESSN,OFFICE_NUMBER)

Tuple spurie

Consideriamo i due schemi, alternativi a EMP_PROJ



- Le tuple rappresentano:
 - EMP_LOCS: l'impiegato di nome ENAME lavora per qualche progetto la cui sede è PLOCATION
 - EMP_PROJ1: l'impiegato con codice fiscale SSN lavora HOURS ore alla settimana sul progetto avente numero PNUMBER, nome PNAME e sede PLOCATION

Tuple spurie (2)

- La suddivisione appena vista non corrisponde ad un buon disegno di database in quanto, volendo riottenere le informazioni di EMP_PROJ mediante un natural join sui due schemi, si ottengono **tuple spurie**, rappresentanti informazioni errate.

Tuple spurie: Esempio

EMP_LOCS

ENAME	PLOCATION
Smith, John B.	Bellaire
Smith, John B.	Sugarland
Narayan, Ramesh K.	Houston
English, Joyce A.	Bellaire
English, Joyce A.	Sugarland
Wong, Franklin T.	Sugarland
Wong, Franklin T.	Houston
Wong, Franklin T.	Stafford

EMP_PROJ1

SSN	PNUMBER	HOURS	PNAME	PLOCATION
123456789	1	32.5	Product X	Bellaire
123456789	2	7.5	Product Y	Sugarland
666884444	3	40.0	Product Z	Houston
453453453	1	20.0	Product X	Bellaire
453453453	2	20.0	Product Y	Sugarland
333445555	2	10.0	Product Y	Sugarland
333445555	3	10.0	Product Z	Houston
333445555	10	10.0	Computerization	Stafford
333445555	20	10.0	Reorganization	Houston

I valori presenti nelle due tabelle

Tuple spurie: Esempio (2)

	SSN	PNUMBER	HOURS	PNAME	PLOCATION	
	123456789	1	32.5	ProductX	Bellaire	Smith,John B.
*	123456789	1	32.5	ProductX	Bellaire	English,Joyce A.
	123456789	2	7.5	ProductY	Sugarland	Smith,John B.
*	123456789	2	7.5	ProductY	Sugarland	English,Joyce A.
*	123456789	2	7.5	ProductY	Sugarland	Wong,Franklin T.
	666884444	3	40.0	ProductZ	Houston	Narayan,Ramesh K.
*	666884444	3	40.0	ProductZ	Houston	Wong,Franklin T.
*	453453453	1	20.0	ProductX	Bellaire	Smith,John B.
	453453453	1	20.0	ProductX	Bellaire	English,Joyce A.
*	453453453	2	20.0	ProductY	Sugarland	Smith,John B.
	453453453	2	20.0	ProductY	Sugarland	English,Joyce A.
*	453453453	2	20.0	ProductY	Sugarland	Wong,Franklin T.
*	333445555	2	10.0	ProductY	Sugarland	Smith,John B.
*	333445555	2	10.0	ProductY	Sugarland	English,Joyce A.
	333445555	2	10.0	ProductY	Sugarland	Wong,Franklin T.
*	333445555	3	10.0	ProductZ	Houston	Narayan,Ramesh K.
	333445555	3	10.0	ProductZ	Houston	Wong,Franklin T.
	333445555	10	10.0	Computerization	Stafford	Wong,Franklin T.
*	333445555	20	10.0	Reorganization	Houston	Narayan,Ramesh K.
	333445555	20	10.0	Reorganization	Houston	Wong,Franklin T.

Risultato del natural join: le tuple spurie sono contrassegnate da un ‘*’

Causa delle tuple spurie

- Tale problema sorge perché PLOCATION è l'attributo che correla EMP_LOCS e EMP_PROJ1, ma non è né chiave primaria, né chiave esterna in nessuna delle due relazioni.

Linea guida 4

- Progettare gli schemi di relazione in modo da poter effettuare JOIN con condizioni di uguaglianza su attributi che sono o chiave primaria o chiave esterna, in modo da non generare tuple spurie.

Sommario delle linee guida

- Abbiamo mostrato in modo informale che una cattiva progettazione dello schema di un database può portare ad una serie di problemi:
 - Anomalie che implicano un maggiore sforzo nell'inserimento e nella modifica di una tabella, e che possono portare a perdite accidentali di dati durante la cancellazione.
 - Spreco di spazio a causa dei valori null.
 - Generazione di tuple spurie o non valide durante operazioni di join.

Dipendenze Funzionali

Qualità di schemi relazionali

- Dopo una visione informale, vediamo delle teorie e dei concetti formali per descrivere la “bontà” dei singoli schemi di relazione con maggiore precisione, usando le “dipendenze funzionali” e le “forme normali”.

Dipendenza Funzionale

- Una **dipendenza funzionale (FD)** è un vincolo tra due insiemi di attributi del database.
- Supponiamo che lo schema di db relazionale abbia n attributi A_1, A_2, \dots, A_n e che l'intero database sia descritto da uno schema di relazione universale $R = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$.
- Una dipendenza funzionale, denotata da $X \rightarrow Y$, tra due insiemi di attributi X e Y che sono sottoinsiemi di R , specifica un vincolo sulle possibili tuple che possono formare una istanza di relazione r di R .

Dipendenza Funzionale (2)

- Il vincolo stabilisce che se $X \rightarrow Y$, allora $\forall t_1, t_2$ in r tali che $t_1[X] = t_2[X]$, deve valere $t_1[Y] = t_2[Y]$.
- Ciò significa che i valori della componente Y di una tupla di r **dipendono da** (o **sono determinati da**) i valori della componente X .

Dipendenza Funzionale (3)

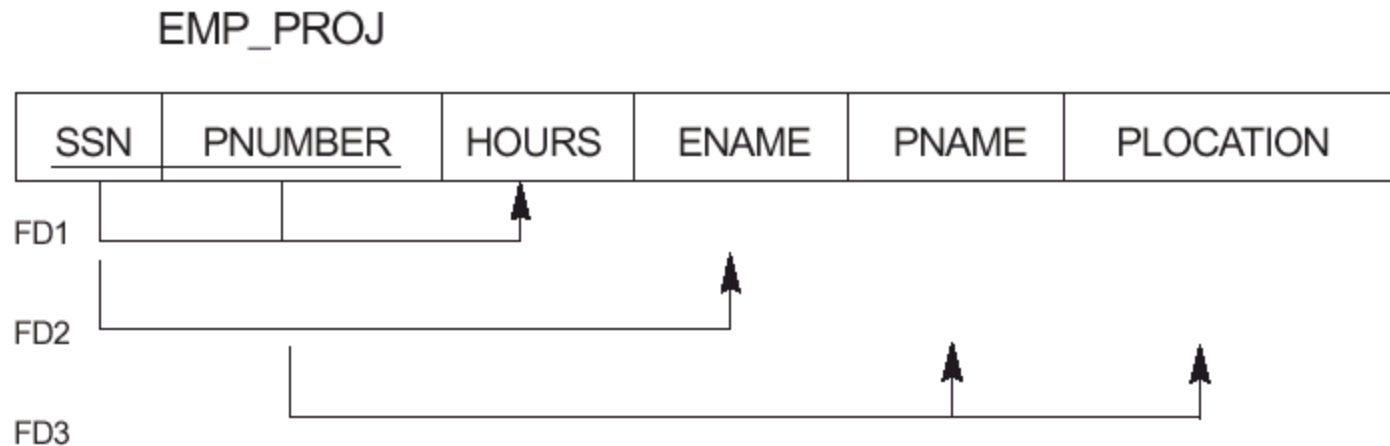
- Alternativamente, i valori della componente X di una tupla **determinano univocamente** (o **funzionalmente**) i valori della componente Y.
- Cioè esiste una dipendenza funzionale da X a Y:
 - Y è funzionalmente dipendente da X
 - X è la parte sinistra della FD
 - Y è la parte destra della FD

Dipendenza Funzionale (4)

- Si noti che:
 - Se un vincolo su R stabilisce che non può esistere più di una tupla con un dato valore per X in ogni istanza di relazione $r(R)$ - cioè X è una chiave candidata di R - ciò implica che $X \rightarrow Y$ per ogni sottoinsieme Y di attributi di R .
 - Il fatto che $X \rightarrow Y$ in R non implica nulla circa $Y \rightarrow X$ in R .

Dipendenza Funzionale: Esempio

- La dipendenza funzionale è una proprietà della semantica degli attributi.



- FD1: $\{SSN, PNUMBER\} \rightarrow HOURS$
- FD2: $SSN \rightarrow ENAME$
- FD3: $PNUMBER \rightarrow \{PNAME, PLOCATION\}$

Dipendenza funzionale dalla semantica degli attributi

- Una dipendenza funzionale è una proprietà dello schema di relazione (intenzione) R e non di un particolare stato di relazione (estensione legale r di R).
 - (Le **estensioni legali** o stati di relazione legali sono delle estensioni di relazione $r(R)$ che soddisfano i vincoli di FD)
- Una FD non può essere inferita in modo automatico da un'istanza di relazione r , ma deve essere definita esplicitamente da chi conosce il significato degli attributi.

Dipendenza Funzionale: Esempio

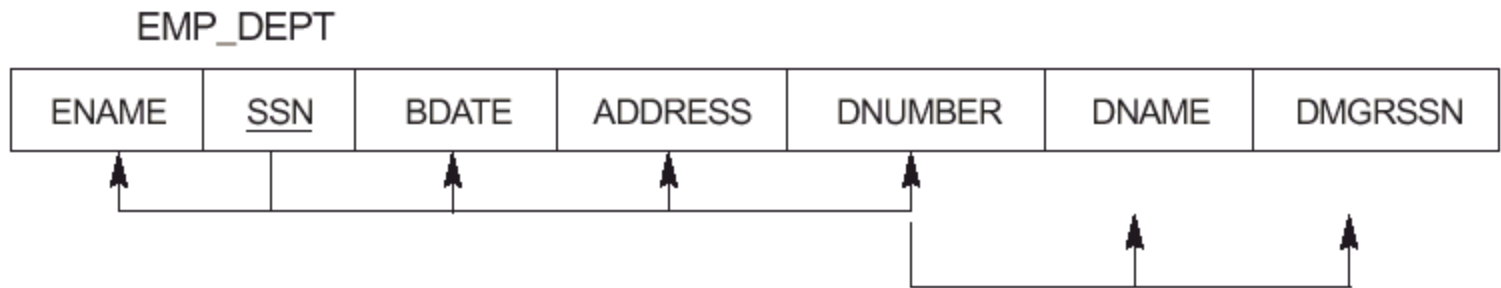
TEACH		
TEACHER	COURSE	TEXT
Smith	Data Structures	Bartram
Smith	Data Management	Al-Nour
Hall	Compilers	Hoffman
Brown	Data Structures	Augenthaler

- In teoria si potrebbe pensare che Teacher determina funzionalmente Course e che Course determina funzionalmente Text. Ci sono però delle tuple che non seguono queste FD, e quindi giungiamo alla conclusione che:
 - TEACHER \nrightarrow COURSE
 - COURSE \nrightarrow TEXT

Regole di inferenza per FD

- Sia F l'insieme delle dipendenze funzionali di uno schema di relazione R . Il disegnatore dello schema specifica le dipendenze funzionali semanticamente ovvie.
- In tutte le istanze di relazione legali, però, valgono numerose altre dipendenze funzionali: queste possono essere **inferite** (o dedotte) da F .
- L'insieme di tali dipendenze è detto **chiusura di F** , ed è denotato da F^+ .

Regole di inferenza: Esempio



- $F = \{$
 - $SSN \rightarrow \{ENAME, BDATE, ADDRESS, DNUMBER\},$
 - $DNUMBER \rightarrow \{DNAME, DMGRSSN\}$

■ Possiamo inferire

- $SSN \rightarrow \{DNAME, DMGRSSN\}$
- $SSN \rightarrow SSN$
- $DNUMBER \rightarrow DNAME$
- ...

Regole di inferenza per FD (2)

- $F \models X \rightarrow Y$ denota che la FD $X \rightarrow Y$ è inferita da F
- Notazioni:
 - $\{X, Y\} \rightarrow Z$ è abbreviato in $XY \rightarrow Z$
 - $\{X, Y, Z\} \rightarrow \{U, V\}$ è abbreviato in $XYZ \rightarrow UV$

Regole di inferenza fondamentali

Regole di inferenza per le dipendenze funzionali:

- (IR1) (Regola riflessiva)
 - Se $X \supseteq Y$ allora $X \rightarrow Y$
- (IR2) (Regola incrementale)
 - $\{X \rightarrow Y\} \models XZ \rightarrow YZ$
- (IR3) (Regola transitiva)
 - $\{X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z\} \models X \rightarrow Z$

Regole di inferenza fondamentali

- (IR4) (Regola di Proiezione o Decomposizione)
 - $\{X \rightarrow YZ\} \models X \rightarrow Z$
- (IR5) (Regola di Unione (o additiva))
 - $\{X \rightarrow Y, X \rightarrow Z\} \models X \rightarrow YZ$
- (IR6) (Regola Pseudotransitiva)
 - $\{X \rightarrow Y, WY \rightarrow Z\} \models WX \rightarrow Z$

Regole di inferenza di Armstrong

- E' stato provato che (IR1) - (IR3) sono regole di inferenza **corrette** e **complete** (Armstrong 1974)
 - Corretto: Dato un insieme F di dipendenze funzionali su R, ogni dipendenza inferita da F usando IR1 - IR3 è vera in ogni stato che soddisfa le dipendenze in F
 - Completo: la chiusura di F (l'insieme di tutte le possibili dipendenze inferibili da F) può essere determinata usando solo IR1 - IR3 (**regole di inferenza di Armstrong**)

Regole di inferenza nella progettazione di db

- Tipicamente, il progettista del db prima specifica le dipendenze funzionali F a partire dalla semantica degli attributi e poi usa le regole di inferenza (**di Armstrong**) per inferire dipendenze funzionali aggiuntive.
- Metodo:
 1. determinare ogni insieme di attributi che appare come parte sinistra di qualche dipendenza funzionale in F .
 2. usare le regole di inferenza per determinare l'insieme di tutti gli attributi dipendenti da X .

Forme normali

Normalizzazione dei dati

- La normalizzazione dei dati può essere vista come un processo che consente di decomporre schemi di relazione non ottimali in schemi più piccoli, tali da garantire la mancanza di Anomalie di Aggiornamento (Update Anomalies).

Forme normali

- Le forme normali forniscono
 - Un metodo formale per analizzare schemi di relazione, basato sulle chiavi e sulle dipendenze funzionali tra attributi.
 - Una serie di test da condurre sugli schemi di relazione individuali.
 - se un test fallisce, la relazione che viola il test deve essere decomposta in relazioni che individualmente superano il test.

Forme normali

- Esistono varie forme normali.
- Le più importanti sono la prima, la seconda e la terza forma normale (1NF, 2NF, 3NF).
- Esiste poi la forma normale di Boyce-Codd (BCNF), definita sulla base di 3NF.
- 1NF, 2NF, 3NF e BCNF sono tutte definite considerando solo vincoli di dipendenza funzionale e di chiave.

Richiami

- Ricordiamo che una **superchiave** di uno schema di relazione $R = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ è un insieme di attributi $S \subseteq R$ tali che non esistono due tuple t_1 e t_2 in qualche stato r di R per cui $t_1[S] = t_2[S]$.
- Inoltre, una **chiave** k è una superchiave con la proprietà di minimalità. Cioè la rimozione da k di un qualche attributo fa perdere a k la proprietà di superchiave.

Richiami (2)

- Tutte le chiavi “minimali” sono dette **chiavi candidate**. Una tra esse viene scelta arbitrariamente ed è detta **chiave primaria**.
- Un attributo di uno schema di relazione R che ricorre in qualche chiave candidata di R è detto attributo **primo** di R .

Richiami: Esempio

EMPLOYEE

ENAME	<u>SSN</u>	BDATE	ADDRESS	DNUMBER
-------	------------	-------	---------	---------

- {SSN} è una chiave
- {SSN}, {SSN,ENAME}, {SSN, ENAME, BDATE} etc. sono **superchiavi**
- {SSN} è l'unica **chiave candidata**
- {SSN} è la **chiave primaria**.

Prima forma normale (1NF)

- La 1NF è stata definita per non consentire attributi multivalore, composti e loro combinazioni.
- Gli unici valori consentiti da 1NF sono valori **atomici** (o **indivisibili**).

Prima forma normale: Esempio

DEPARTMENT			
DNAME	<u>DNUMBER</u>	DMGRSSN	DLOCATIONS
Research	5	333445555	{Bellaire, Sugarland, Houston}
Administration	4	987654321	{Stafford}
Headquarters	1	888665555	{Houston}

L'idea è di rimuovere DLOCATIONS che viola la 1NF e porlo in una relazione separata insieme con la chiave primaria.

Prima forma normale: Esempio 2

- La 1NF proibisce anche attributi composti (relazioni annidate)

EMP_PROJ

SSN	ENAME	PROJS	
		PNUMBER	HOURS

SSN è chiave primaria

PNUMBER è chiave primaria parziale della relazione annidata.

EMP_PROJ

SSN	ENAME	PNUMBER	HOURS
123456789	Smith, John B.	1	32.5
		2	7.5
666884444	Narayan, Ramesh K.	3	40.0
453453453	English, Joyce A.	1	20.0
		2	20.0
333445555	Wong, Franklin T.	2	10.0
		3	10.0
		10	10.0
		20	10.0

Prima forma normale: Esempio 2

- Per normalizzare:
 - spostare gli attributi della relazione annidata in una nuova relazione e propagare la chiave primaria in essa.

EMP_PROJ1

<u>SSN</u>	ENAME
------------	-------

EMP_PROJ2

<u>SSN</u>	<u>PNUMBER</u>	HOURS
------------	----------------	-------

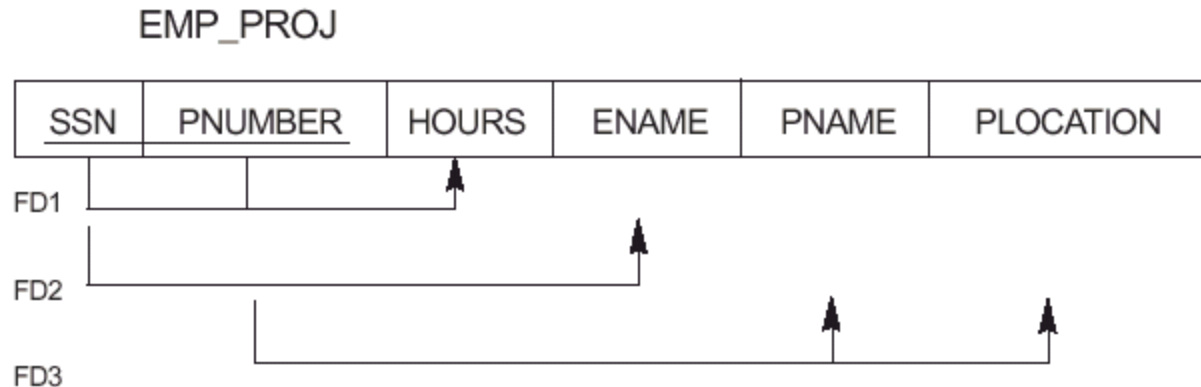
Seconda Forma Normale (2NF)

- E' basata sul concetto di dipendenza funzionale piena.
- Definizione:
 - Una dipendenza funzionale $X \rightarrow Y$ è piena se la rimozione di qualche attributo A da X implica che la dipendenza non vale più, cioè:

$$\forall A \in X, (X - \{A\}) \not\rightarrow Y$$

- Una dipendenza funzionale $X \rightarrow Y$ è parziale se qualche attributo $A \in X$ può essere rimosso e la dipendenza vale ancora , cioè :
- $$\exists A \in X, (X - \{A\}) \rightarrow Y$$

Esempio dipendenze piene

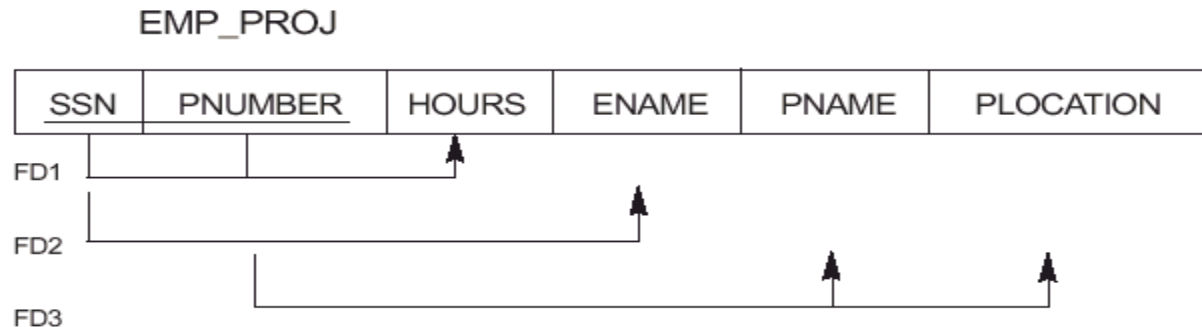


- $\{SSN, PNUMBER\} \rightarrow HOURS$: piena infatti
 - $SSN \not\rightarrow HOURS$
 - $PNUMBER \not\rightarrow HOURS$
- $\{SSN, PNUMBER\} \rightarrow ENAME$: parziale infatti
 - $SSN \rightarrow ENAME$

Seconda Forma Normale (2NF)

- Uno schema di relazione R è in 2NF se ogni attributo non primo A in R ha una **dipendenza funzionale piena** dalla chiave primaria di R .

Seconda Forma Normale: Esempio

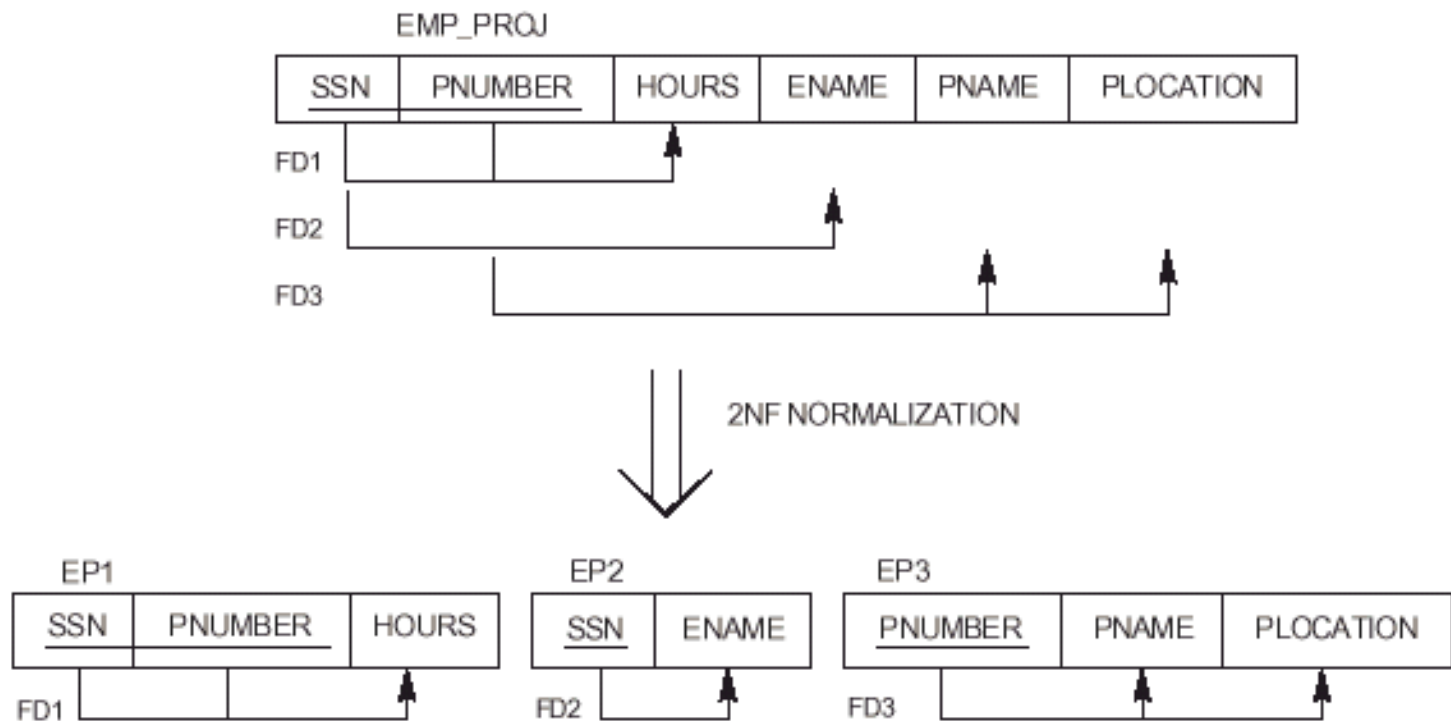


- EMP_PROJ è in 1NF ma non in 2NF. Infatti gli attributi non primi PNAME e PLOCATION violano 2NF in virtù di fd3. ENAME viola 2NF in virtù di fd2.
- Le dipendenze funzionali fd2 e fd3 rendono ENAME, PNAME, PLOCATION parzialmente dipendenti dalla chiave primaria {SSN, PNUMBER}.

Seconda Forma Normale

- Se uno schema di relazione non è in 2NF, può essere ulteriormente normalizzato in un certo numero di tabelle in 2NF, in cui gli attributi non primi sono associati solo con la parte di chiave primaria su cui sono funzionalmente dipendenti in modo pieno.

Esempio di 2NF

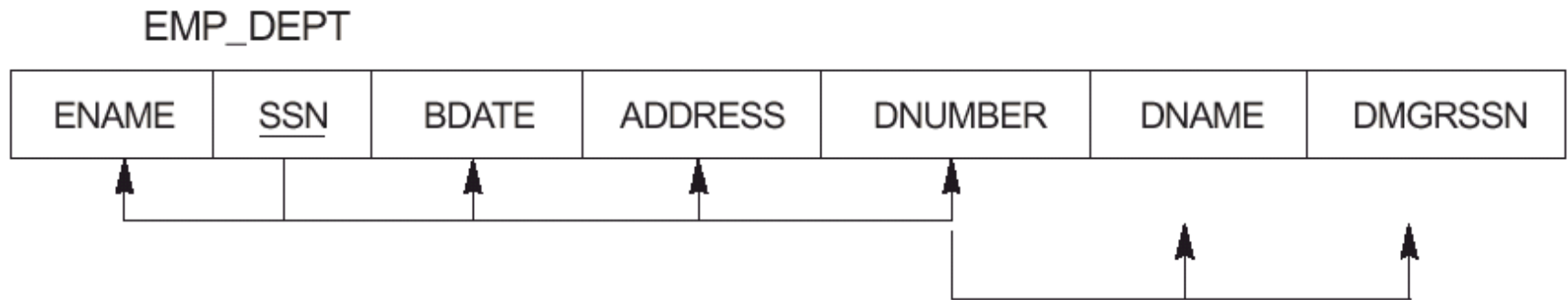


Normalizzazione in 2NF della relazione EMP_PROJ

Terza Forma Normale (3NF)

- E' basata sul concetto di **dipendenza transitiva**.
- Una dipendenza funzionale $X \rightarrow Y$ in uno schema R è una **dipendenza transitiva** se esiste un insieme di attributi Z che non è sottoinsieme di alcuna chiave di R e valgono $X \rightarrow Z$ e $Z \rightarrow Y$.

Terza Forma Normale: Esempio



- $SSN \rightarrow DMGRSSN$ è transitiva attraverso DNUMBER, infatti
 - $SSN \rightarrow DNUMBER$
 - $DNUMBER \rightarrow DMGRSSN$
 - DNUMBER non è sottoinsieme di alcuna chiave di EMP_DEPT.

Terza Forma Normale

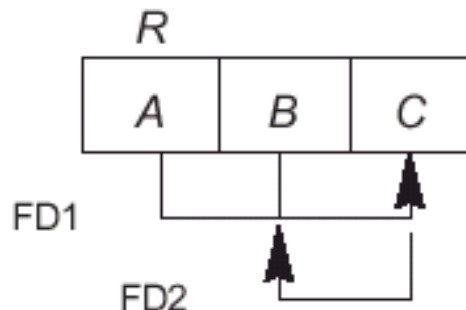
- Secondo la definizione di Codd: uno schema di relazione R è in 3NF se è in 2NF e nessun attributo nonprimo di R è transitivamente dipendente dalla chiave primaria.

Definizione generale di 2NF e 3NF

- La definizione generale di 2NF e 3NF non riguarda solo la chiave primaria ma tutte le chiavi candidate.
- Uno schema di relazione R è in 2NF se ogni attributo nonprimo A in R non è parzialmente dipendente da alcuna chiave di R , ne primaria ne candidata.
- Uno schema di relazione R è in 3NF se, ogni volta che vale in R una dipendenza funzionale $X \rightarrow A$, o
 - X è una superchiave di R , oppure
 - A è un attributo primo di R

Forma Normale di Boyce-Codd (BCNF)

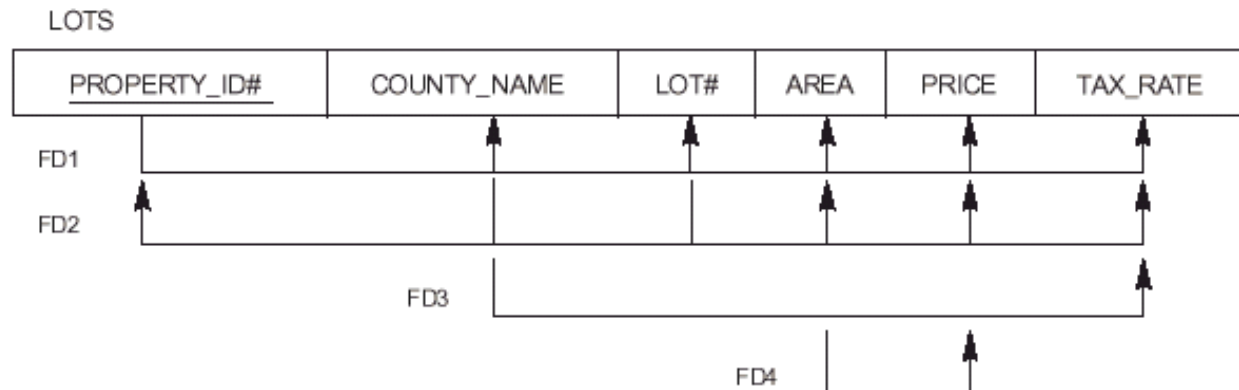
- Uno schema R è in BCNF se ogniquale volta vale in R una dipendenza funzionale $X \rightarrow A$, allora X è una superchiave di R .



Se $\{A, B\}$ è la chiave e C è non primo, R è in 3NF, ma non in BCNF.

Forme Normali: Esempio

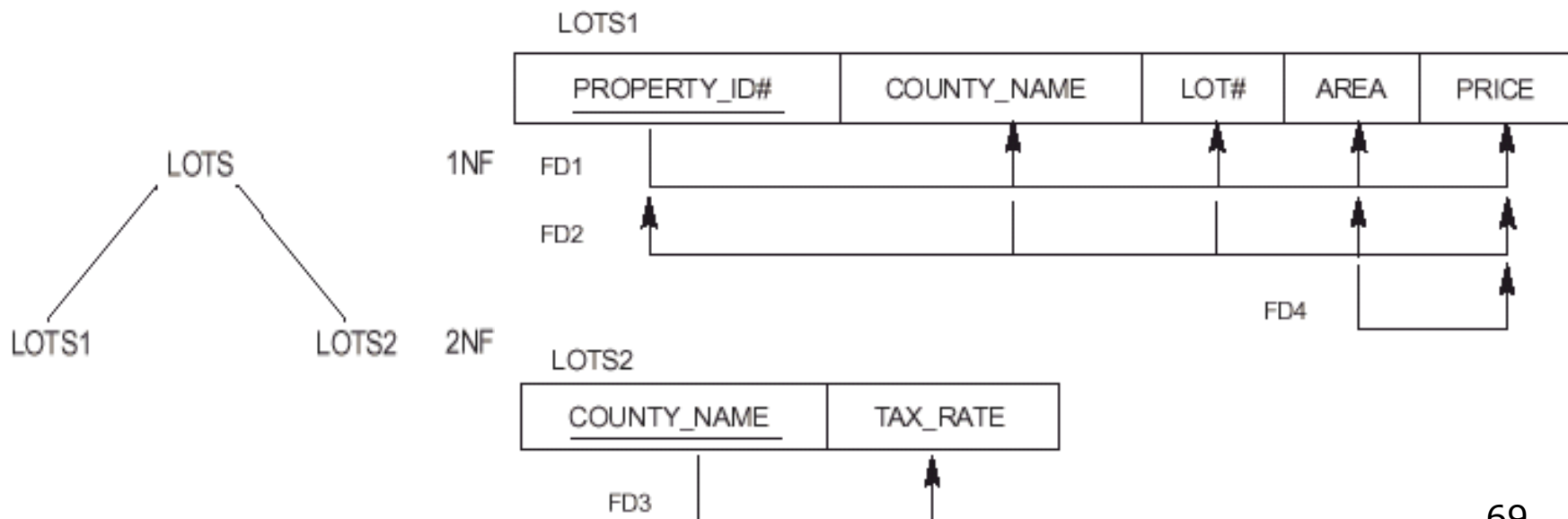
- Lo schema di relazione LOTS descrive lotti di terreno in vendita in varie contee di uno stato.



- Chiavi candidate: PROPERTY_ID# e {COUNTY_NAME, LOT#}
- Chiave primaria: PROPERTY_ID#
- Inoltre valgono:
 - FD3 COUNTY_NAME → TAX-RATE
 - FD4 AREA → PRICE

Forme Normali: Esempio (2)

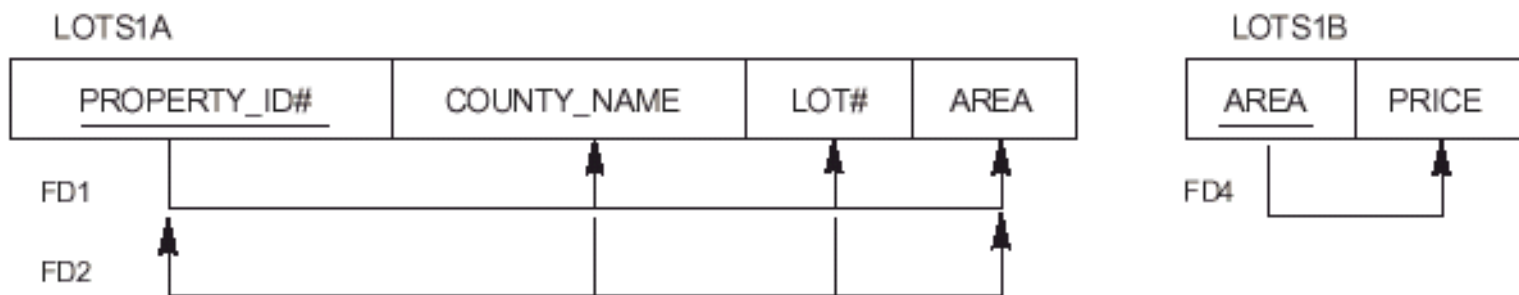
- LOTS viola la definizione generale di 2NF perché TAX_RATE è parzialmente dipendente dalla chiave candidata {COUNTY_NAME, LOT#} in virtù di fd3.
- Normalizziamo decomponendo LOTS in LOTS1 e LOTS2



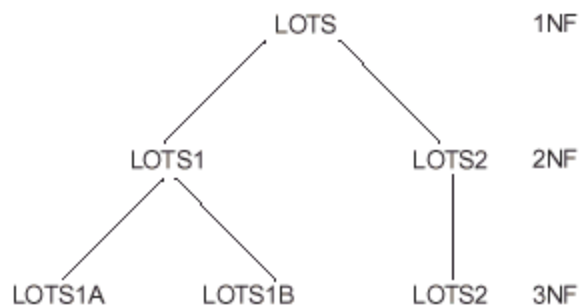
Forme Normali: Esempio (3)

- Secondo la definizione generale di 3NF, LOTS2 è in 3NF, mentre FD4 in LOTS1 viola la 3NF.
- Infatti $\text{AREA} \rightarrow \text{PRICE}$, ma
 - AREA non è superchiave di LOTS1, e
 - PRICE non è attributo primo
- Per normalizzare: decomponiamo LOTS1 rimuovendo PRICE e ponendolo insieme ad AREA in un altro schema di relazione.

Forme Normali: Esempio (4)



Decomposizione di Lots1 in 3NF



Sommario delle decomposizioni

Forme Normali: Esempio (5)

- Supponiamo che ci siano migliaia di lotti, appartenenti a due sole contee
 - Marion County con aree: 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0
 - Liberty County con aree: 1,1 1,2 ... 1,9 2,0

