



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Il Modello Relazionale

Basi di Dati

Corso di Laurea in Informatica per il Management

Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Prof. Marco Di Felice

Dipartimento di Informatica – Scienza e Ingegneria

marco.difelice3@unibo.it

Livelli di astrazione

In gran parte dei DBMS, i dati sono articolati su **tre livelli** di astrazione:

- Schema **Esterno** → descrive come i dati appaiono per un utente o un gruppo di utenti.
- Schema **Logico** → descrive *l'organizzazione logica* dei dati (dettagli a breve ...)
- Schema **Fisico** → descrive come i dati sono *memorizzati* su memoria secondaria.

Livelli di astrazione

In gran parte dei DBMS, i dati sono articolati su **tre livelli** di astrazione:

- Schema **Esterno** → descrive come i dati appaiono per un utente o un gruppo di utenti.



- Schema **Logico** → descrive *l'organizzazione logica* dei dati (dettagli a breve ...)

- Schema **Fisico** → descrive come i dati sono *memorizzati* su memoria secondaria.

Modello Logico

In cosa consiste in pratica il **Modello logico**?

1. Insieme di **concetti** per **strutturare/organizzare i dati** relativi ad un certo dominio d'interesse.

Esempi di concetti ...

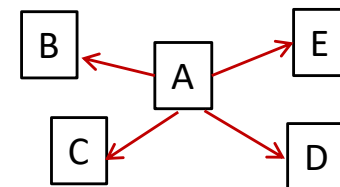
Record a **struttura fissa**

```
<A,B,C,D,E,F,G,H,I>  
<A,B,C,D,E,F,G,H,I>  
<A,B,C,D,E,F,G,H,I>  
<A,B,C,D,E,F,G,H,I>
```

Record a **struttura variabile**

```
<A,B,C,D,E,F,G,H,I>  
<A,B,C,D>  
<A>  
<A,B,C,F,G,H,I>
```

Grafi



Modello Logico

In cosa consiste in pratica il **Modello logico**?

2. Insieme di **regole** per **modellare eventuali vincoli e restrizioni** sui dati.

Esempio di vincolo sui dati: *Il voto d'esame deve essere un numero intero compreso tra 18 e 30.*

Regole e Concetti generali → indipendenti dal dominio d'interesse che si sta considerando ...

Proprietà dei livelli

Proprietà (auspicabili) dei livelli in un DBMS:

- **Indipendenza fisica** → interagire con il modello *logico* in modo indipendente dallo schema *fisico*.
- **Indipendenza logica** → interagire con il livello *esterno* in modo indipendente dallo schema *logico* dei dati.

Modelli Logici

- Sono stati proposti **diversi modelli logici** ...
- I DBMS possono differire sulla base del modello logico dei dati che supportano:
 - Modello **Relazionale**
 - Modello Gerarchico
 - Modello Reticolare
 - Modello ad Oggetti
 - Modelli scheme-less (famiglia di approcci)

Modello Relazionale: overview

- Proposto nel 1970 da **E.F. Codd**, ricercatore dell'IBM di San Jose, CA.
- Attualmente il più utilizzato tra i modelli logici disponibili.
- Garantisce l'indipendenza tra i livelli (esterno/fisico).
- Intuitivo, e basato su nozioni di algebra di base.
- DBMS basati sul modello relazionale → **RDBMS** (Oracle, MySQL, DB2, SQL Server etc)

Modello Relazionale: overview

DEF. informale

Modello Relazionale → i dati sono organizzati in record di dimensione fissa, e divisi in tabelle (**relazioni**).

Nome	Codice Corso	Nome Docente
Basi di dati	0121	M. Di Felice
Programmazione	1213	C. Laneve
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi

- *Colonne* della tabella (Proprietà di interesse) → **Attributi**
- *Intestazione* della tabella (i.e. nome tabella + nome attributi) → **Schema** della relazione
- *Righe* della tabella → **Istanze** della relazione

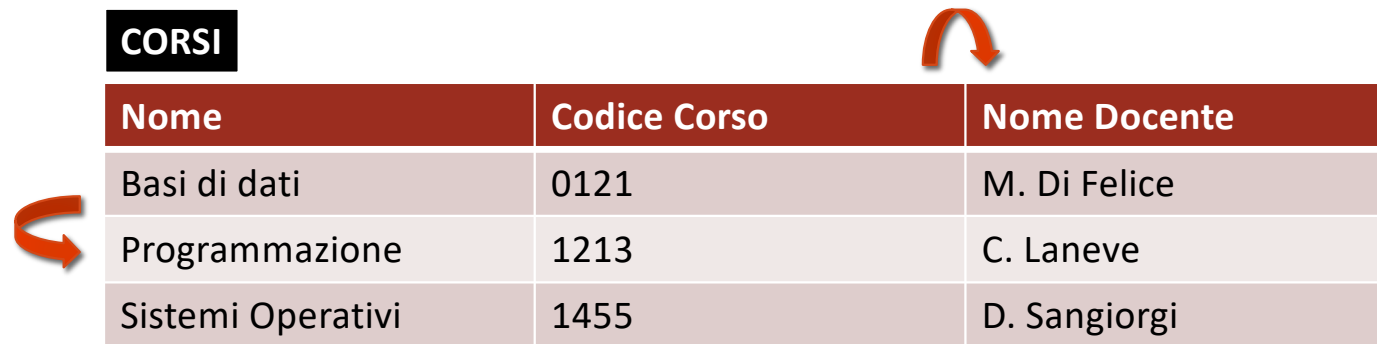
Modello Relazionale: overview

CORSI

Nome	Codice Corso	Nome Docente
Basi di dati	0121	M. Di Felice
Programmazione	1213	C. Laneve
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi

- **Nome della relazione:** *CORSI*
- **Attributi:** *Nome, Codice del Corso, Nome Docente*
- **Schema della relazione:**
CORSI(Nome, Codice del Corso, Nome Docente)
- **Istanze della relazione:**
<Basi di dati, 0121, M. Di Felice>

Modello Relazionale: overview



CORSI

Nome	Codice Corso	Nome Docente
Basi di dati	0121	M. Di Felice
Programmazione	1213	C. Laneve
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi

VINCOLI sull'ordine dei dati:

- L'ordinamento delle righe è irrilevante
- L'ordinamento delle colonne è irrilevante.

Modello Relazionale: overview

CORSI				
Nome		Codice Corso	Nome Docente	Nome Docente
11/01/2012		0121	M. Di Felice	M. Di Felice
	Programmazione	0123	C. Laneve	C. Laneve
Sistemi Operativi		1455	D. Sangiorgi	R. Davoli
	Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi	R. Davoli

VINCOLI sui dati della relazione

- Non possono esistere attributi uguali (1).
- Non possono esistere righe uguali (2).
- I dati di una colonna devono essere omogenei (3).

Modello Relazionale: overview

- E' possibile avere uno schema di relazioni **senza istanze** (es. in fase di creazione del DB) ...

CORSI

Nome	Codice Corso	Nome Docente
------	--------------	--------------

- Il viceversa è impossibile ...

...
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi	R. Davoli
Sistemi Operativi	1451	D. Sangiorgi	R. Davoli

Modello Relazionale: overview

CORSI		
Nome	Codice Corso	Nome Docente
Basi di dati	0121	M. Di Felice
Programmazione	1213	C. Laneve
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi

- Ogni attributo dispone di un **DOMINIO** che definisce **l'insieme di valori validi** per quell'attributo.

Es. $\text{dom}(\text{Nome}) = \text{string}$

- E' possibile avere **domini ripetuti** nella stessa relazione!

Modello Relazionale: overview

Una relazione si dice in **Prima Forma Normale** (PFN) se tutti gli attributi sono definiti su domini atomici e non su domini complessi.

CORSI		
Nome	Codice Corso	Info Docente
Basi di dati	2121	M. Di Felice, Professore, Codice: 13435
Programmazione	1213	C. Laneve, Professore, Codice:6575
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi, Professore, Codice: 43242

Relazione **NON** in Prima Forma Normale!

Modello Relazionale: overview

Una relazione si dice in **Prima Forma Normale** (PFN) se tutti gli attributi sono definiti su domini atomici e non su domini complessi.

CORSI		Relazione Normalizzata (PFN)			Relazione valida ma non ben progettata!
Nome	Codice Corso	Docente	Ruolo	Codice	
Basi di dati	2121	M. Di Felice	Professore	13435	
Programmazione	1213	C. Laneve	Professore	6575	
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi	Professore	43242	

Modello Relazionale: overview

I dati gestiti dal modello relazionale sono **dati strutturati**.

CORSI

Nome	Codice Corso	Docente	Numero Crediti	Semestre
Basi di dati	2121	M. Di Felice	9	1
Programmazione	1213	C. Laneve	12	1
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi	9	2

- Tutte le istanze presenti nella relazione condividono la stessa struttura:
<Nome, Codice Corso, Docente, Numero Crediti, Semestre>
- **Non è possibile gestire istanze che abbiano un numero diverso/variabile di attributi e/o domini.**

Modello Relazionale: overview

- Una **base di dati** può essere costituita da **molte tabelle...**

CORSI

Nome Corso	Codice Corso	Codice Docente
Basi di dati	0121	00
Programmazione	1213	01
Sistemi Operativi	1455	02

ESAMI

Corso	Studente	Voto
0121	4324235245	30L
1213	4324235245	25
1213	9854456565	18

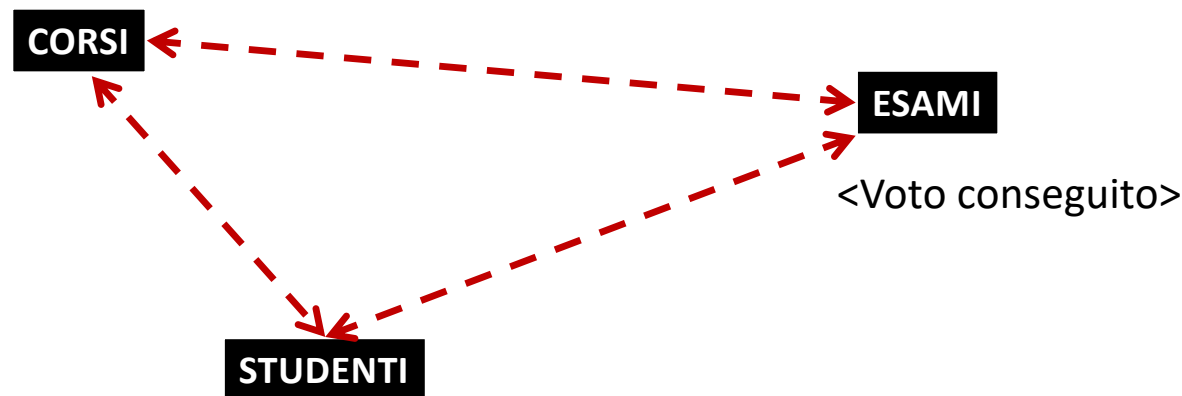
STUDENTI

Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	12/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Verdi	Marco	11/04/1988

Modello Relazionale: overview

- Spesso, le informazioni contenute in relazioni diverse sono **correlate** logicamente tra loro ...

<Nome del corso, Codice docente >



<Voto conseguito>

<Matricola, Cognome, Nome, Data di Nascita >

Modello Relazionale: overview

Nel modello relazionale, i **riferimenti tra dati in relazioni differenti** sono espressi mediante **valori**.

CORSI			ESAMI		
Nome Corso	Codice Corso	Codice Docente	Corso	Studente	Voto
Basi di dati	0121	00	0121	4324235245	30L
Programmazione	1213	01	1213	4324235245	25
Sistemi Operativi	1455	02	1213	9854456565	18

STUDENTI			
Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	12/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Verdi	Marco	11/04/1988

Modello Relazionale: overview

Nella **pratica**, quando si inizia a progettare una base di dati di un certo dominio d'interesse, **le informazioni NON sono già tradotte in dati del modello relazionale...**

Es. Realizzazione di un sistema informativo che gestisce i dati di una società immobiliare.

- Quali dati devono essere gestiti?
- Quali/quante tabelle usare?

Modello Relazionale: overview

Es. Realizzazione di un sistema informativo che gestisce i dati di una società immobiliare.

- Quali **dati** devono essere gestiti?

ACQUIRENTI

PROPRIETARI

IMMOBILI

}
PROGETTISTA

- Quali/quante **tabelle** usare?

ACQUIRENTI

Nome

Cognome

Codice Fiscale

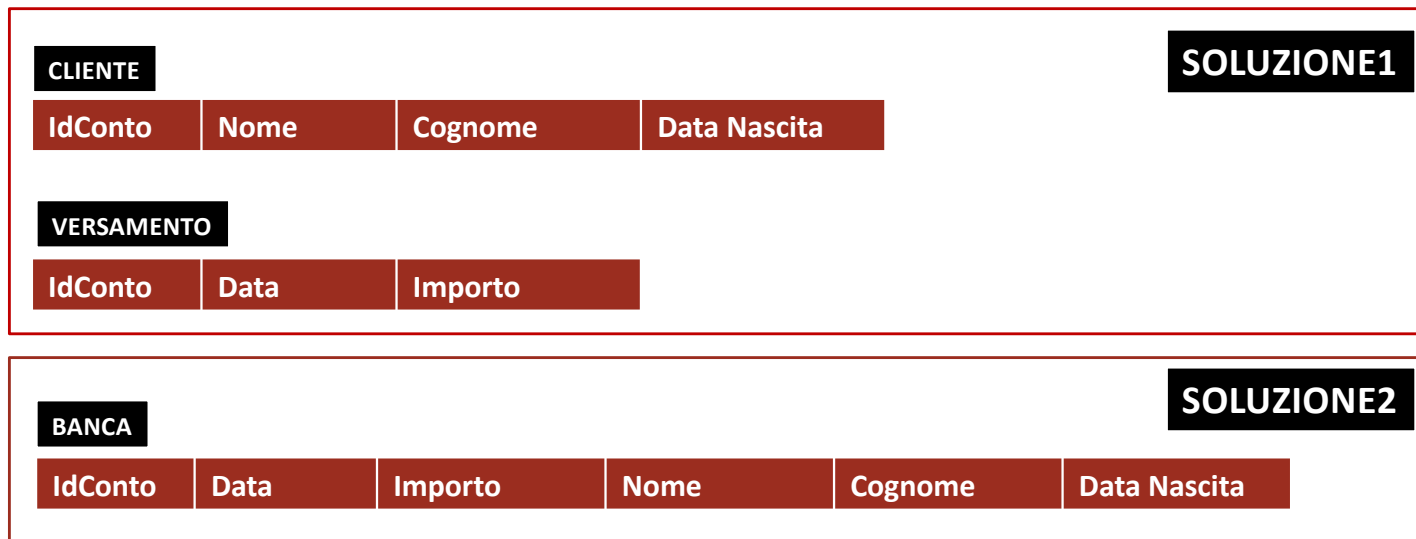
Data Nascita

Residenza

Modello Relazionale: overview

D. Quante relazioni/tabelle utilizzare?

Es. Sistema informativo di una banca.



Modello Relazionale: overview

D: Perché si chiama modello relazionale?

R: Una **relazione sui dati** può essere vista come una **relazione matematica!** (con una leggera variazione).

D2:... Com'è definita una relazione matematica (nella *teoria degli insiemi*)?

Modello Relazionale: overview

DEF. Dati n insiemi D_1, D_2, \dots, D_n , una **relazione matematica** sugli insiemi D_1, D_2, \dots, D_n è definita come un **sottoinsieme del prodotto cartesiano** $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$.

DEF. Il **prodotto cartesiano** degli insiemi D_1, D_2, \dots, D_n è definito come l'insieme delle tuple ordinate (d_1, d_2, \dots, d_n) , con $d_i \in D_i$,
 $\forall i = 1, 2, \dots, n$

Modello Relazionale: overview

Esempi di relazione ($n=2$):

$$A=\{a,b,c,d,e\}, \quad B=\{1,2,3\}$$

Prod. Cartesiano $A \times B = \{(a,1),(a,2),(a,3),(b,1),(b,2),(b,3), (c,1), (c,2), (c,3), (d,1), (d,2), (d,3), (e,1), (e,2), (e,3)\}$

Relazione $r_1 \subseteq A \times B = \{(a,1),(a,2),(a,3)\}$

Relazione $r_2 \subseteq A \times B = \{(a,2),(b,1),(d,3),(e,3)\}$

Relazione $r_3 \subseteq A \times B = \{(d,2)\}$

Modello Relazionale: overview

Se applichiamo la definizione classica di *relazione matematica* nel modello relazionale dei dati:

CORSI		
Nome	Codice Corso	Nome Docente
Basi di dati	2121	M. Di Felice
Programmazione	1213	C. Laneve
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi

$$CORSI \subseteq string \times int \times string$$

Problema: *Ordinamento delle tuple* in una relazione ...

In generale: $A \times B \neq B \times A$

Modello Relazionale: overview

Dal punto di vista dei dati, i due schemi sono uguali, ma **non lo sono se consideriamo la definizione di relazione matematica!**

Nome	Codice	Docente
Basi di dati	2121	M. Di Felice
Programmazione	1213	C. Laneve
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi

$$CORSI \subseteq string \times int \times string$$

Codice	Docente	Nome
2121	M. Di Felice	Basi di dati
1213	C. Laneve	Programmazione
1455	D. Sangiorgi	Sistemi Operativi

$$CORSI \subseteq int \times string \times string$$

Soluzione: Usare rappresentazione **NON posizionale**, mediante gli attributi ...

Modello Relazionale: overview

Volendo fornire una **definizione rigorosa** di relazione nel modello relazionale ...

Schema di relazione:

un nome R con un insieme di attributi A_1, \dots, A_n : $R(A_1, \dots, A_n)$

Corso	Codice	Docente
Basi di dati	2121	M. Di Felice
Programmazione	1213	C. Laneve
Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi



Schema di relazione:

CORSI(*Corso*, *Codice*, *Docente*)

Modello Relazionale: overview

Volendo fornire una **definizione rigorosa** di relazione nel modello relazionale ...

- Una **ennupla** su un insieme di attributi X è una *funzione* che associa a ciascun attributo A in X un valore del dominio di A .
- **$t[A]$** denota il valore della ennupla t sull'attributo A .
- **Istanza di relazione** su uno schema $R(X)$: insieme r di ennuple su X .

Modello Relazionale: overview

Volendo fornire una **definizione rigorosa** di relazione nel modello relazionale ...

	Corso	Codice	Docente
t ₁ →	Basi di dati	2121	M. Di Felice
t ₂ →	Programmazione	1213	C. Laneve
t ₃ →	Sistemi Operativi	1455	D. Sangiorgi

t₁[Corso] = “Basi di dati”

t₁[Codice]=“2121”

t₃[Docente]=“D. Sangiorgi”

Istanza di **CORSI**(Corso, Codice, Docente)= {t₁,t₂,t₃}

Modello Relazionale: overview

Altre **componenti** del modello relazionale:

- ➔ ○ **Informazioni incomplete**
- **Vincoli di integrità**
 - Vincoli *intra-relazionali*
 - Vincoli *inter-relazionali*

Modello Relazionale: overview

In una relazione, le **ennuple di dati** devono essere **omogenee** (ossia avere tutte la stessa struttura).

PROBLEMA (1): Che accade se il valore di un **attributo** per una certa ennupla **non è noto**?

IMPIEGATI			
Codice	Nome	Cognome	Data di Nascita
21	Mario	Rossi	12/4/1956
22	Vittorio	Bianchi	????

Modello Relazionale: overview

In una relazione, le **ennuple di dati** devono essere **omogenee** (ossia avere tutte le stessa struttura).

PROBLEMA (2): Che accade se il valore di un **attributo** per una certa ennupla **è inesistente?**

ESAMI			
Codice	Anno di Studi	Corso	Codice Docente
21	3	Basi di dati	0121
22	3	Idoneita' inglese	????

Modello Relazionale: overview

In una relazione, le **ennuple di dati** devono essere **omogenee** (ossia avere tutte la stessa struttura).

PROBLEMA (3): Che accade se il valore di un **attributo** per una certa ennupla **è senza informazione**?

- Il valore dell'attributo non esiste. (CASO2)
- Esiste ma non è noto al momento della creazione della ennupla. (CASO1)

Modello Relazionale: overview

Una possibile soluzione per tutti e tre i casi potrebbe essere quella di colmare le informazioni mancanti usando “**valori speciali**”.

Codice	Anno di Studi	Corso	Codice Docente
21	3	Basi di dati	0121
22	3	Idoneita' inglese	0000

- Si richiedono valori speciali per ogni attributo.
- Si richiede di conoscere la semantica dei valori “speciali” da parte delle applicazioni.

Modello Relazionale: overview

In alternativa: le informazioni mancanti sono etichettate con il **valore NULL**.

- $t[A]$, per ogni attributo A , è un valore del dominio $\text{dom}(A)$ oppure il valore NULL.
- Tramite valori NULL, è possibile gestire i 3 casi visti in precedenza (valori non noti, inesistenti o senza informazione), senza necessità di operare distinzione tra gli stessi.

Modello Relazionale: overview

- Valore di attributo **non noto**:

IMPIEGATI			
Codice	Nome	Cognome	Data di Nascita
21	Mario	Rossi	12/4/1956
22	Vittorio	Bianchi	NULL

- Valore di attributo **inesistente**:

ESAMI			
Codice	Anno di Studi	Corso	Codice Docente
21	3	Basi di dati	0121
22	3	Idoneita' inglese	NULL

Modello Relazionale: overview

- E' fondamentale **limitare il numero di valori NULL** in una relazione ... perche'?

STIPENDI

Codice	Nome	Cognome	Qualifica	Stipendio
21	Marco	Rossi	A	12000
22	Marco	NULL	NULL	14000
NULL	NULL	NULL	C	16000
12	Michele	Verdi	D	NULL
NULL	Marco	Rossi	A	24000

Modello Relazionale: overview

- **Trade-off** tra **numero di tabelle** e **valori NULL**.

Sistema informativo di un negozio: alcuni clienti (non tutti) possono essere “abbonati” e disporre di una fidelity card (numero, data_sottoscrizione, importo).

CLIENTI

Codice	Nome	Cognome	NumeroCarta	DataCarta	ImportoCarta
21	Marco	Rossi	12234	1/1/2014	100
22	Michele	Bianchi	15678	1/2/2014	200
23	Maria	Verdi	NULL	NULL	NULL
24	Mauro	Rossi	NULL	NULL	NULL
25	Michela	Bianchi	NULL	NULL	NULL

Modello Relazionale: overview

- **Trade-off** tra **numero di tabelle** e **valori NULL**.

Sistema informativo di un negozio: alcuni clienti (non tutti) possono essere “abbonati” e disporre di una fidelity card (numero, data_sottoscrizione, importo).

CLIENTI

Codice	Nome	Cognome
21	Marco	Rossi
22	Michele	Bianchi
23	Maria	Verdi
24	Mauro	Rossi
25	Michela	Bianchi

ABBONAMENTI

Codice	NumeroCarta	DataCarta	ImportoCarta
21	12234	1/1/2014	100
22	15678	1/2/2014	200

Modello Relazionale: overview

Per definizione, **NULL <> NULL**

STIPENDI				
Codice	Nome	Cognome	Qualifica	Stipendio
21	Marco	Rossi	A	12000
22	Marco	NULL	C	14000
22	Marco	NULL	C	14000
NULL	Michele	Verdi	D	24000
NULL	Michele	Verdi	D	24000

Righe distinte, **no duplicati!**

Righe distinte, **no duplicati!**

Modello Relazionale: overview

Altre **componenti** del modello relazionale:

- Informazioni **incomplete**

- **Vincoli di integrità**



- *Vincoli intra-relazionali*

- *Vincoli inter-relazionali*

Modello Relazionale: overview

Non tutte le istanze di una relazione (o di una base di dati) possono considerarsi lecite!

CORSI

Nome Corso	Codice Corso	Codice Docente
Basi di dati	0121	00
Programmazione	1213	01
Sistemi Operativi	1455	02

ESAMI

Corso	Studente	Voto
0121	4324235245	30L
1213	4324235245	45
1213	9854456565	18L



STUDENTI

Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	12/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Verdi	Marco	11/04/1988

BASI DI DATI

PROF. MARCO DI FELICE – CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA PER IL MANAGEMENT

Modello Relazionale: overview

Non tutte le istanze di una relazione (o di una base di dati) possono considerarsi lecite!

CORSI

Nome Corso	Codice Corso	Codice Docente
Basi di dati	0121	00
Programmazione	1213	01
Sistemi Operativi	1455	02

ESAMI

Corso	Studente	Voto
0121	4324235245	30L
1213	4324235245	45
1213	9854456565	18L

STUDENTI



Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	12/12/1987
4324235245	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Verdi	Marco	11/04/1988

Modello Relazionale: overview

Non tutte le istanze di una relazione (o di una base di dati) possono considerarsi lecite!

CORSI

Nome Corso	Codice Corso	Codice Docente
Basi di dati	0121	00
Programmazione	1213	01
Sistemi Operativi	1455	02

ESAMI

Corso	Studente	Voto
0121	4324235245	30L
1217	4324235245	25
1213	5555456565	18



STUDENTI

Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	12/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Verdi	Marco	11/04/1988

Modello Relazionale: overview

Un **vincolo** è una funzione booleana, che associa ad una istanza r di una base di dati definita su uno schema $R = \{R_1(X_1), \dots, R_k(X_k)\}$ un **valore di verità** (*true/false*).

Istanza lecita \rightarrow *Istanza che soddisfa tutti i vincoli.*

- Vincoli **intra-relazionali** (su ciascuna relazione)
 - Vincoli di **ennupla**
 - Vincoli di **chiave**
- Vincoli **inter-relazionali** (tra relazioni diverse)

Modello Relazionale: overview

Altre **componenti** del modello relazionale:

- Informazioni **incomplete**
- **Vincoli di integrità**
 - ➔ ○ **Vincoli *intra-relazionali***
 - ***Vincoli di ennupla***
 - *Vincoli di chiave*
 - *Vincoli inter-relazionali*

Modello Relazionale: overview

I **vincoli di ennupla** esprimono **condizioni su ciascuna ennupla**, considerata singolarmente.

Possono essere espressi mediante **espressioni algebriche** o **espressioni booleane**.

$$c_1: (voto \geq 18) \text{ and } (voto \leq 30)$$

$$c_2: NOT((lode = SI) \text{ and } (voto \neq 30))$$

Corso	Studente	Voto	Lode
1213	4324235245	45	NO
1213	9854456565	18	SI

Modello Relazionale: overview

I **vincoli di ennupla** esprimono **condizioni su ciascuna ennupla**, considerata singolarmente.

$$c_1: \quad (Saldo = Entrate - Uscite)$$

Data	Entrate	Uscite	Saldo
10/02/2012	500	0	500
11/02/2012	0	180	-180
12/02/2012	0	0	0
13/02/2012	700	200	500
14/02/2012	800	0	800
15/02/2012	200	200	0

Modello Relazionale: overview

I **vincoli di ennupla** esprimono **condizioni su ciascuna ennupla**, considerata singolarmente.

- Come esprimere la condizione che il saldo di un giorno sia dipendente dal saldo del giorno precedente ...

$$(Saldo(GiornoX + 1) = Entrate - Uscite + Saldo(GiornoX))$$

Non posso farlo con i vincoli di ennupla visti fin qui!

Modello Relazionale: overview

Altre **componenti** del modello relazionale:

- Informazioni **incomplete**
- **Vincoli di integrità**
 - **Vincoli *intra-relazionali***
 - *Vincoli di ennupla*
 - ➔ ○ **Vincoli *di chiave***
 - *Vincoli inter-relazionali*

Modello Relazionale: overview

(Def. Informale) Una **chiave** è un insieme di attributi che consente di identificare in maniera univoca le ennuple di una relazione.

STUDENTI

Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	12/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Verdi	Marco	11/04/1988

- Non esistono due studenti con la stessa matricola.
- Data la matricola di uno studente, è possibile risalire a tutti i suoi dati (cognome/nome/data di nascita).

Modello Relazionale: overview

Un sottoinsieme K di attributi di una relazione è una **superchiave** se **NON** contiene due **ennuple** distinte t1 e t2 con $t1[K]=t2[K]$ e.

STUDENTI			
Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	04/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Bianchi	Marco	11/04/1988

1. {**Matricola**} è una superchiave
2. {Cognome} NON è una superchiave
3. {**Matricola**, **Cognome**} è una superchiave
4. {**Cognome**, **Nome**} è una superchiave

Modello Relazionale: overview

Una **chiave** di una relazione r è una **superchiave minimale** di r (ossia non esiste un'altra superchiave K' che sia contenuta in K).

STUDENTI			
Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Marco	04/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Bianchi	Marco	11/04/1988

1. {**Matricola**} è una chiave
2. {Cognome} NON è una chiave
3. {Matricola, Cognome} NON è una chiave
4. {**Cognome**, **Nome**} è una chiave

Modello Relazionale: overview

D1: Esiste sempre **almeno una superchiave** per ogni relazione? **SI'** (perche'?)

D2: Possono esistere **più superchiavi** per la stessa relazione?
SI' (esempio sotto)

STUDENTI

Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Marco	04/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Bianchi	Marco	11/04/1988
5456565653	Verdi	Giovanni	12/5/1990
3223234444	Verdi	Matteo	12/07/1990

{Matricola}

{Cognome, Nome}

{Matricola, Cognome}

{Matricola, Nome,
Cognome}

....

Modello Relazionale: overview

Q1: Esiste sempre **almeno una chiave** per ogni relazione ?

SI' (perche'?)

Q2: Possono esistere **più chiavi** per la stessa relazione?

SI' (esempio sotto)

STUDENTI

Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Marco	04/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Bianchi	Marco	11/04/1988
5456565653	Verdi	Giovanni	12/5/1990
3223234444	Verdi	Matteo	12/07/1990

{Matricola}
{Cognome, Nome}
....

Modello Relazionale: overview

In fase di progettazione, le **chiavi** dovrebbero essere **definite a livello di schema**, e non di istanza.

STUDENTI			
Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	04/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Bianchi	Marco	11/04/1988
5456565653	Verdi	Giovanni	12/5/1990
3223234444	Verdi	Matteo	12/07/1990

- {Nome} e' una chiave in questa istanza, ma è un caso fortuito ...

Modello Relazionale: overview

Come regola generale, le **chiavi** dovrebbero essere **definite a livello di schema**, e non di istanza.

STUDENTI			
Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	04/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Bianchi	Marco	11/04/1988
5456565653	Verdi	Giovanni	12/5/1990
3223234444	Verdi	Matteo	12/07/1990

- Per definire una chiave a livello di schema, servono **informazioni aggiuntive sul dominio dei dati ...**

Modello Relazionale: overview

A che servono le chiavi?

- Per *accedere a ciascuna ennupla* della base di dati, in maniera univoca.
- Per *correlare dati* tra relazioni differenti.

CORSI			ESAMI		
Nome Corso	Codice Corso	Codice Docente	Corso	Studente	Voto
Basi di dati	0121	00	0121	4324235245	30L
Programmazione	1213	01	1213	4324235245	25
Sistemi Operativi	1455	02	1213	9854456565	18

Modello Relazionale: overview

Che accade se una chiave ha valori NULL?

- In questo caso, potrebbero NON essere garantiti l'indirizzamento univoco delle ennuple, e le correlazioni tra tabelle diverse...

STUDENTI			
Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	04/12/1987
NULL	Bianchi	Marco	04/12/1987
9854456565	Bianchi	Marco	NULL
5456565653	Verdi	Giovanni	12/5/1990
NULL	Verdi	Matteo	12/07/1990

Modello Relazionale: overview

Chiave primaria → **chiave di un relazione su cui NON sono ammessi valori NULL.**

Gli attributi che formano la chiave primaria sono –per convenzione– indicati con una sottolineatura.

STUDENTI

<u>Matricola</u>	Cognome	Nome	DataNascita
4324235245	Rossi	Giorgio	04/12/1987
NULL	Bianchi	Marco	04/12/1987
9854456565	Bianchi	Marco	NULL
5456565653	Verdi	Giovanni	12/5/1990
3223234444	Verdi	Matteo	12/07/1990

Modello Relazionale: overview

Chiave primaria → **chiave di un relazione su cui NON sono ammessi valori NULL.**

Gli attributi che formano la chiave primaria sono –per convenzione– indicati con una sottolineatura.

STUDENTI			
<u>Matricola</u>	Cognome	Nome	DataNascita
4324235245	Rossi	Giorgio	04/12/1987



STUDENTI(Matricola, Cognome, Nome, DataNascita)

Modello Relazionale: overview

Ogni relazione deve disporre di una chiave primaria.

Come fare nel caso tutte le chiavi presentino dei valori NULL? Aggiungere codici o **identificativi progressivi** ...

RICOVERI					
<u>Codice</u>	Nome	Cognome	Reparto	Data ricovero	Data dimissione
1	NULL	NULL	Rianimazione	NULL	10/02/2012
2	Bianchi	Marco	Dermatologia	NULL	10/04/2012
3	Bianchi	Marco	Ortopedia	08/01/2011	10/02/2012
4	Verdi	Giovanni	Ortopedia	08/01/2011	NULL
5	Verdi	Matteo	Ortopedia	23/01/2011	NULL

Modello Relazionale: overview

Una chiave può essere composta da più attributi.

PARTITA				
<u>Squadra1</u>	<u>Squadra2</u>	<u>Data</u>	Punti1	Punti2
Pol. Rossi	Pol. Bianchi	10/04/2012	70	80
Pol. Verdi	Pol. Rossi	10/06/2012	65	102
Virtus	Palestra Grigi	10/09/2012	100	50



PARTITA(Squadra1,Squadra2, Data, Punti1, Punti2)

Modello Relazionale: overview

Una chiave può essere composta da piu' attributi.

PARTITA				
<u>Squadra1</u>	<u>Squadra2</u>	<u>Data</u>	Punti1	Punti2
Pol. Rossi	Pol. Bianchi	10/04/2012	70	80
Pol. Rossi	Pol. Bianchi	NULL	65	102
Virtus	Palestra Grigi	10/09/2012	100	50



PARTITA				
<u>Squadra1</u>	<u>Squadra2</u>	<u>Data</u>	Punti1	Punti2
Pol. Rossi	Pol. Bianchi	10/04/2012	70	80
Pol. Rossi	Pol. Bianchi	10/06/2012	65	102
Virtus	Palestra Grigi	10/09/2012	100	50

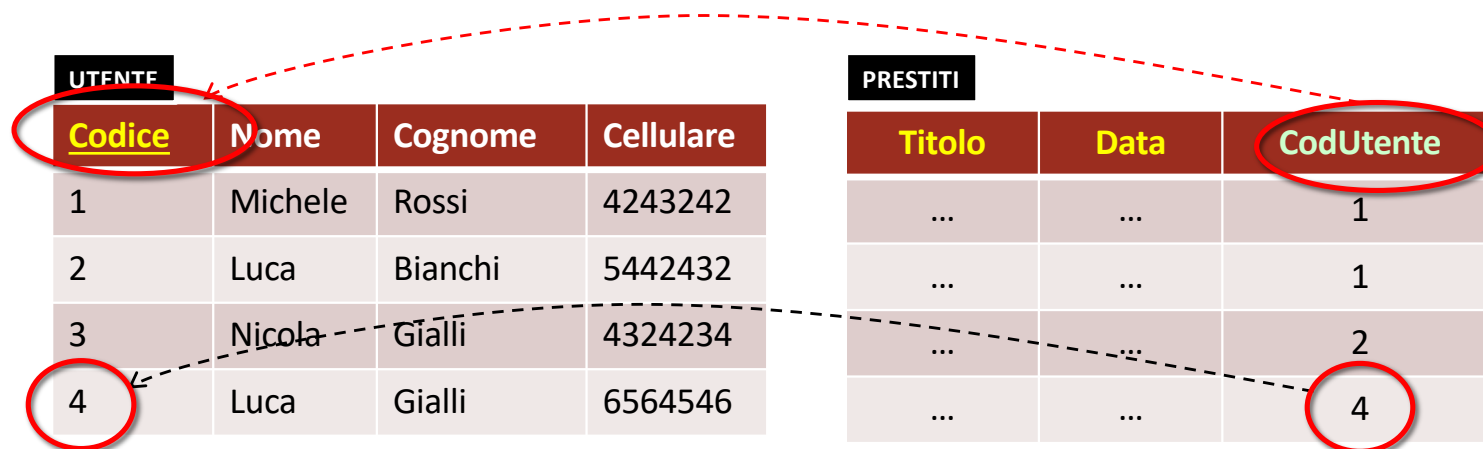
Modello Relazionale: overview

Altre **componenti** del modello relazionale:

- Informazioni **incomplete**
- **Vincoli di integrità**
 - Vincoli *intra-relazionali*
 - *Vincoli di ennupla*
 - *Vincoli di chiave*
 - ➡ ○ **Vincoli *inter-relazionali***

Modello Relazionale: overview

- Nel modello relazionale, una base di dati può essere composta da **molte relazioni collegate** tra loro.
- Collegamenti tra relazioni differenti sono espresse mediante **valori comuni in attributi replicati**.



Modello Relazionale: overview

VIGILI

<u>Matricola</u>	Nome	Cognome
12345	Michele	Rossi
67890	Luca	Bianchi
12123	Nicola	Gialli
1233	Luca	Gialli
12567	Michele	Rosi

AUTO

<u>Provincia</u>	<u>Numero</u>	Proprietario
BO	3F7634	Pietro Verdi
RM	4G2121	Luca Verdi
FI	23G234	Tony Ricci

INFRAZIONI

<u>Codice</u>	Data	Agente	Provincia	Numero
C123	05/02/2012	748748	BO	3F7634
C345	07/09/2012	67890	MI	2746H7
C466	09/09/2012	12567	FI	23G234

BASI DI DATI

PROF. MARCO DI FELICE – CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA PER IL MANAGEMENT

Modello Relazionale: overview

In molti scenari d'uso, risulta utile imporre **un vincolo sulle dipendenze tra relazioni**.

- Ogni riga della tabella **referenziante** si collega al massimo ad **una riga** della riga della tabella **referenziata**, sulla base dei valori comuni nell'attributo/negli attributi replicati.



Modello Relazionale: overview

Un **vincolo di integrità referenziale** (“foreign key”) fra gli attributi X di una relazione R_1 e un'altra relazione R_2 impone ai valori (diversi da NULL) su X in R_1 di comparire come valori della chiave primaria di R_2 .

In pratica: il vincolo consente di collegare le informazioni tra tabelle diverse attraverso valori comuni ...

Modello Relazionale: overview

VOLI

<u>Codice</u>	Data	Partenza	Arrivo	Compagnia	Pilota
LH21	10/02/2012	FCO	BOQ	Lufthansa	123
AZ21	10/02/2012	ATL	FCO	Alitalia	124
AF	11/02/2012	BOQ	FKT	Air France	123

PILOTI

<u>IdPilota</u>	Nome	Cognome
123	Mario	Rossi
124	Michele	Bianchi

AEROPORTI

<u>IdAeroporto</u>	Citta'	#Piste
FCO	Roma	10
BOQ	Bologna	5
ATL	Atlanta	40
CDG	Parigi	30

Vincolo di integrità referenziale tra:

attributo Pilota della relazione VOLI e la relazione PILOTI.

Modello Relazionale: overview

VOLI

<u>Codice</u>	Data	Partenza	Arrivo	Compagnia	Pilota
LH21	10/02/2012	FCO	BOQ	Lufthansa	123
AZ21	10/02/2012	ATL	FCO	Alitalia	124
AF	11/02/2012	BOQ	FKT	Air France	123

PILOTI

<u>IdPilota</u>	Nome	Cognome
123	Mario	Rossi
124	Michele	Bianchi

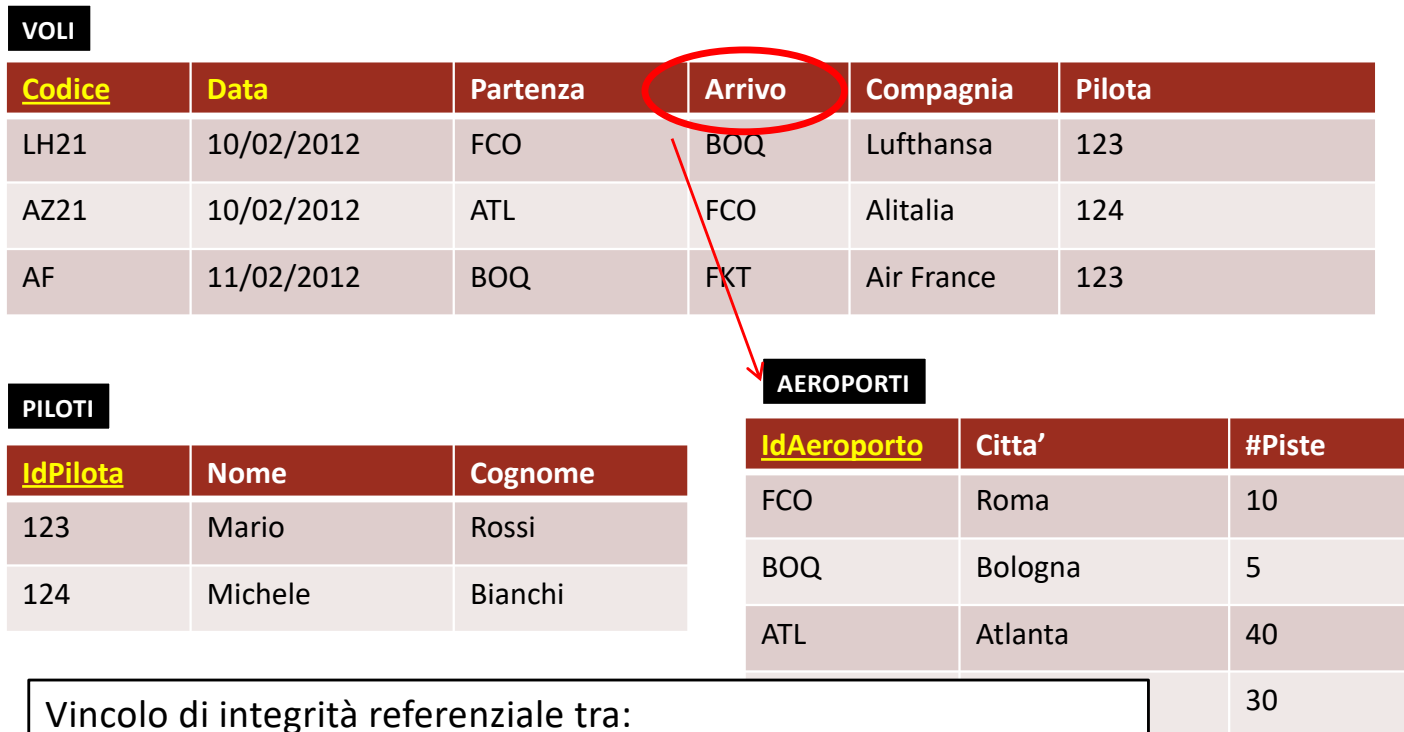
AEROPORTI

<u>IdAeroporto</u>	Citta'	#Piste
FCO	Roma	10
BOQ	Bologna	5
ATL	Atlanta	40
		30

Vincolo di integrità referenziale tra:

Attributo Partenza della relazione VOLI e la relazione AEROPORTI.

Modello Relazionale: overview



Vincolo di integrità referenziale tra:

Attributo Arrivo della relazione VOLI e la relazione AEROPORTI.

Modello Relazionale: overview

VOLI

<u>Codice</u>	Data	Partenza	Arrivo	Compagnia	Pilota
LH21	10/02/2012	FCO	BOQ	Lufthansa	123
AZ21	10/02/2012	ATL	MPX	Alitalia	124
AF	11/02/2012	BOQ	FKT	Air France	126

PILOTI

<u>IdPilota</u>	Nome	Cognome
123	Mario	Rossi
124	Michele	Bianchi

AEROPORTI

<u>IdAeroporto</u>	Citta'	#Piste
FCO	Roma	10
BOQ	Bologna	5
ATL	Atlanta	40
FKF	Francoforte	30

Vincoli di integrità referenziale VIOLATI!

Modello Relazionale: overview

VOLI

<u>Codice</u>	<u>Data</u>	CittaPartenza	Arrivo	Compagnia	Pilota
LH21	10/02/2012	Roma	BOQ	Lufthansa	123
AZ21	10/02/2012	Bologna	MPX	Alitalia	124
AF	11/02/2012	Atlanta	FKT	Air France	126

PRENOTAZIONE

<u>NrTicket</u>	<u>CodiceVolo</u>	<u>DataVolo</u>	Nome	Cognome
123	LH21	10/02/2012	Mario	Rossi
124	LH21	10/02/2012	Mario	Bianchi

Vincoli di integrità tra PRENOTAZIONE.{CodiceVolo,DataVolo} → VOLI [Vincoli su piu' attributi!!!]

Modello Relazionale: overview

VOLI

<u>Codice</u>	Data	CittaPartenza	Arrivo	Compagnia	Pilota
LH21	10/02/2012	Roma	BOQ	Lufthansa	123
AZ21	10/02/2012	Bologna	MPX	Alitalia	124
AF	11/02/2012	Atlanta	FKT	Air France	126

PILOTI

<u>IdPilota</u>	Nome	Cognome
123	Mario	Rossi
124	Michele	Bianchi

AEROPORTI

<u>IdAeroporto</u>	Citta'	#Piste
FCO	Roma	10
CMP	Roma	5
ATL	Atlanta	40
EKE	Francoforte	30

Vincolo di integrità referenziale tra VOLI.CittaPartenza → AEROPORTI? NO!

Modello Relazionale: overview

- Il vincolo di integrità' referenziale è definito tra gli **attributi di una tabella (interna)** ed il **nome della tabella** referenziata.
- Es. **Attributo** Arrivo della relazione VOLI e la **relazione** AEROPORTI
- Nel modello relazionale (teorico) **non è necessario definire l'attributo della relazione AEROPORTI**, in quanto si suppone che la chiave primaria esista e sia unica.

Modello Relazionale: overview

Per definire il vincolo di integrità referenziale, occorre **esplicitare i nomi degli attributi** (su cui si applica il vincolo) di entrambe le tabelle:

VOLI.Arrivi → AEROPORTO.IdAeroporto

Notazione: SCHEMA.NomeAttributo

Modello Relazionale: overview

Può accadere che un'operazione di **aggiornamento** su una relazione causi **violazioni di vincoli di integrità** su altre relazioni.

Come reagire:

- Non consentire l'operazione.
- Eliminazione a cascata.
- Inserimento di valori NULL.

Modello Relazionale: overview

VOLI

<u>Codice</u>	Data	Partenza	Arrivo	Compagnia	Pilota
LH21	10/02/2012	FCO	BOQ	Lufthansa	123
AZ21	10/02/2012	ATL	FCO	Alitalia	124
AF	11/02/2012	BOQ	FKT	Air France	123

PILOTI

<u>IdPilota</u>	Nome	Cognome
123	Mario	Rossi
124	Michele	Bianchi

AEROPORTI

<u>IdAeroporto</u>	Citta'	#Piste
FCO	Roma	10
BOQ	Bologna	5
ATL	Atlanta	40
FKF	Francoforte	30

COSA accade se elimino una riga nella tabella AEROPORTI?

BASI DI DATI

PROF. MARCO DI FELICE – CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA PER IL MANAGEMENT

Modello Relazionale: overview

VOLI

<u>Codice</u>	Data	Partenza	Arrivo	Compagnia	Pilota
LH21	10/02/2012	FCO	BOQ	Lufthansa	123
AZ21	10/02/2012	ATL	FCO	Alitalia	124
AF	11/02/2012	BOQ	FKT	Air France	123

PILOTI

<u>IdPilota</u>	Nome	Cognome
123	Mario	Rossi
124	Michele	Bianchi

AEROPORTI

<u>IdAeroporto</u>	Citta'	#Piste
FCO	Roma	10
BOQ	Bologna	5
ATL	Atlanta	40
FKF	Francoforte	30

SOLUZIONE 2: Eliminazione a cascata ...

Modello Relazionale: overview

VOLI

<u>Codice</u>	Data	Partenza	Arrivo	Compagnia	Pilota
LH21	10/02/2012	NULL	BOQ	Lufthansa	123
AZ21	10/02/2012	ATL	NULL	Alitalia	124
AF	11/02/2012	BOQ	FKT	Air France	123

PILOTI

<u>IdPilota</u>	Nome	Cognome
123	Mario	Rossi
124	Michele	Bianchi

AEROPORTI

<u>IdAeroporto</u>	Citta'	#Piste
FCO	Roma	10
BOQ	Bologna	5
ATL	Atlanta	40
FKF	Francoforte	30

SOLUZIONE 3: Inserimento di valori NULL ...

Modello Relazionale: overview

PRO

- Modello **intuitivo**
- Basato su proprietà **dell'algebra relazionale**
- Garantisce **indipendenza dallo schema fisico**
- **Riflessività** → meta-informazioni di una relazione sono gestite a loro volta attraverso relazioni.

CONS

- Poca **flessibilità** → Tutte le istanza di una relazione devono possedere la stessa struttura ...
- **Ridondanza** dei dati causata dai vincoli ...

Modello Relazionale: overview

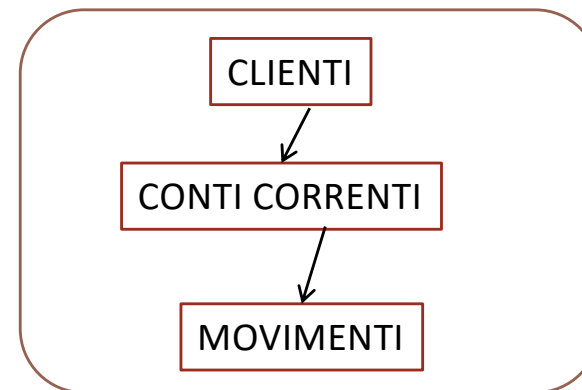
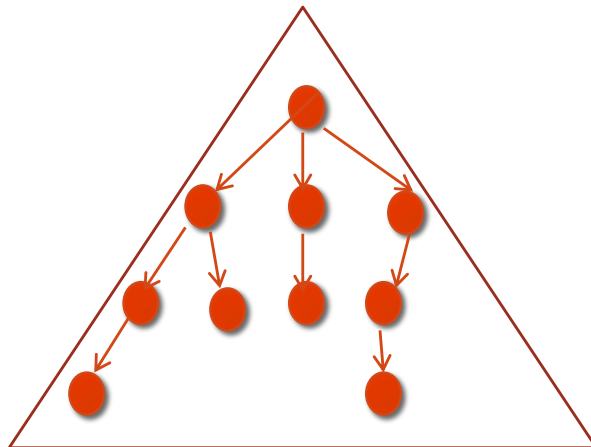
Oltre al modello relazionale (proposto negli anni settanta), esistono **altri modelli logici** di organizzazione dei dati:

- Modello **gerarchico**
- Modello **reticolare**
- Modello **ad oggetti**
- Modello **XML-based**
- ...

Altri Modelli Logici

MODELLO GERARCHICO

- I dati sono rappresentati come **record**.
- Le associazioni tra tabelle sono rappresentate con **puntatori** in una struttura ad **albero**.



Altri Modelli Logici

Esempi di puntatori (=riferimenti) in Java

```
public class Prova {  
    public int a;  
    Prova() {  
        a=5;  
    }  
  
    public static void main(String[] argv) {  
        Prova o1=new Prova();  
        Prova o2=new Prova();  
        o1.a=10;  
        o2.a=5;  
        System.out.println(o1.a+" "+o2.a);  
    }  
}
```

**COSA STAMPA
IL PROGRAMMA?**

Altri Modelli Logici

Esempi di puntatori (=riferimenti) in Java

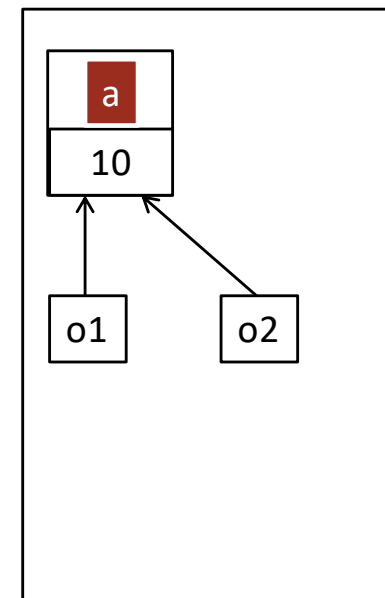
```
public class Prova {  
    public int a;  
    Prova() {  
        a=5;  
    }  
  
    public static void main(String[] argv) {  
        Prova o1=new Prova();  
        Prova o2=new Prova();  
        o1.a=10;  
        o2.a=5;  
        System.out.println(o1.a+" "+o2.a);  
    }  
}
```

**COSA STAMPA
IL PROGRAMMA?**

Altri Modelli Logici

Esempi di puntatori (=riferimenti) in Java

```
public class Prova {  
    public int a;  
    Prova() {  
        a=5;  
    }  
  
    public static void main(String[] argv) {  
        Prova o1=new Prova();  
        Prova o2=new Prova();  
        o1.a=10;  
        o2.a=5;  
        System.out.println(o1.a+" "+o2.a);  
    }  
}
```



Altri Modelli Logici

In molti modelli (es. *gerarchico, reticolare, oggetti*), i riferimenti tra tabelle sono definiti mediante **puntatori**.

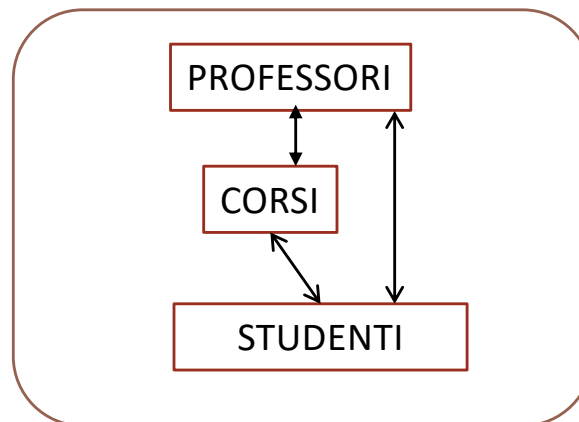
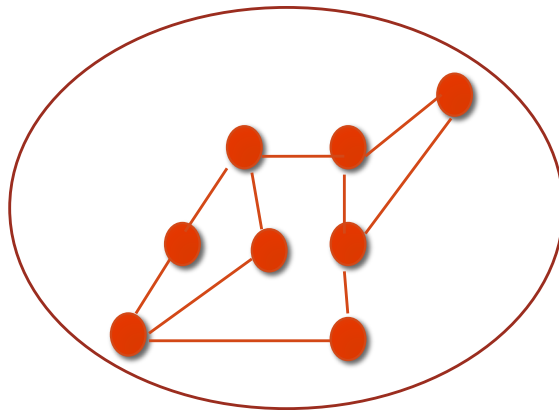
CORSI			ESAMI		
Nome Corso	Codice Corso	Codice Docente	Corso	Studente	Voto
Basi di dati	0121	00			30L
Programmazione	1213	01			25
Sistemi Operativi	1455	02			18

STUDENTI			
Matricola	Cognome	Nome	Data Nascita
4324235245	Rossi	Giorgio	12/12/1987
6247673587	Bianchi	Michele	04/12/1987
9854456565	Verdi	Marco	11/04/1988

Altri Modelli Logici

MODELLO RETICOLARE

- I dati sono rappresentati come **record**.
- Le associazioni tra tabelle sono rappresentate con **puntatori** in una struttura a **grafo** complesso.



Altri Modelli Logici

MODELLO AD OGGETTI

- Una base di dati è una **collezione di oggetti**.
- Ogni oggetto ha un **identificatore univoco** (OID) gestito dal sistema (a differenza delle chiavi).
- Ogni oggetto ha uno **stato**, definito come una struttura complessa a partire da dati semplici.
- Ogni oggetto ha dei **metodi** che consentono di manipolare lo stato.
- Gli oggetti possono essere **incapsulati** in altri oggetti, estesi (mediante **ereditarietà**), etc

Altri Modelli Logici

MODELLI NO-SQL

- Non un singolo modello, ma **un insieme di approcci** accomunati dal tentativo di **superare la rigidità del modello relazionale**, e di **migliorare la scalabilità della gestione** di una base di dati in ambienti distribuiti.
- Approcci **Key/Value** → Redis, BigTable, etc
- Approcci **document-oriented** (JSON/XML)