

# ALGEBRA RELAZIONALE

---



## L'algebra relazionale

- L'insieme principale di operazioni per il modello relazionale è l'**algebra relazionale**.
- Le operazioni dell'algebra relazionale consentono all'utente di specificare le interrogazioni fondamentali in termini di *espressioni dell'algebra relazionale*.
- Il risultato di un'interrogazione è una nuova relazione che può essere stata formata a partire da una o più relazioni.
- Una sequenza di operazioni di algebra relazionale forma un'**espressione dell'algebra relazionale** (il cui esito sarà ancora una relazione che rappresenta il risultato di un'interrogazione della BDD).

## Perché l'algebra relazionale

- Fornisce un fondamento formale per le operazioni del modello relazionale
- E' usata come base per implementare (e ottimizzare) le interrogazioni nei sistemi di gestione di basi di dati relazionali (RDBMS)
- Alcuni dei suoi concetti sono incorporati nel linguaggio SQL

## Calcolo relazionale

- Il calcolo relazionale fornisce una notazione dichiarativa di livello più alto per specificare le interrogazioni relazionali
- Un'espressione di calcolo relazionale crea una nuova relazione che è specificata in termini di variabili che assumono valori sulle righe delle relazioni memorizzate nella base di dati o sulle colonne delle relazioni memorizzate
- In un'espressione del calcolo relazionale non c'è *un ordine delle operazioni*, l'espressione specifica solo quali informazioni dovrebbe contenere il risultato

# Le operazioni relazionali

## UNARIE

- Selezione
- Proiezione

## BINARIE

- Unione
- Intersezione
- Differenza
- Prodotto Cartesiano
- Join
- Divisione

## L'operazione di SELEZIONE (1)

- È usata per selezionare un sottoinsieme di tuple di una relazione che soddisfano una **condizione di selezione**
- Si può considerare come un **filtro** che trattiene solo le tuple che soddisfano una condizione
- Può essere vista come una *partizione orizzontale* della relazione in due insiemi di tuple:
  - quelle che soddisfano la condizione (e sono selezionate)
  - quelle che non la soddisfano (e sono scartate)

È indicata con  $\sigma_{\langle \text{condizione di selezione} \rangle}(R)$

- $\sigma$  (sigma) denota l'operazione di selezione
- la  $\langle \text{condizione di selezione} \rangle$  è un'espressione booleana (specificata sugli attributi di)
- $R$  la relazione su cui applicare la selezione

## L'operazione di SELEZIONE (2)

- $R$  è generalmente un'espressione dell'algebra relazionale il cui risultato è una relazione (l'espressione più semplice è costituita dal nome di una relazione della BDD)
- Il risultato dell'operazione è una relazione con gli stessi attributi di  $R$
- <condizione di selezione> è costituita da un certo numero di clausole nella forma:
  - <nome di attributi><op di confronto><valore costante>  
oppure
  - <nome di attributo><op di confronto><nome di attributo>

dove

- <nome di attributo> è il nome di un attributo di  $R$
- <op di confronto> è un operatore tra  $\{=, <, \leq, >, \geq, \neq\}$
- <valore costante> è un valore nel dominio dell'attributo
- Le clausole possono essere unite tramite operatori booleani standard {AND, OR, NOT}

## L'operazione di SELEZIONE (3)

Come si determina il risultato di un'operazione di selezione?

- la <condizione di selezione> viene applicata indipendentemente a ciascuna tupla  $t$  di  $R$ , sostituendo ogni occorrenza di un attributo  $A_i$  nella condizione di selezione con il suo valore nella tupla  $t[A_i]$
- se la condizione è valutata vera allora la tupla viene selezionata

## Caratteristiche della SELEZIONE

- È un operatore **unario** cioè applicato ad una singola relazione
- La condizione si applica a *ciascuna tupla individualmente* (perciò la condizione non può coinvolgere più di una tupla)
- Il **grado** della relazione risultate (cioè il suo numero di attributi) è uguale a quello di  $R$
- Il numero delle tuple risultati è sempre minore o uguale al numero di tuple presenti in  $R$ :  $|\sigma_C(R)| \leq |R|$  per ogni condizione  $C$

## Proprietà della SELEZIONE

- L'operazione di selezione è **commutativa**:

$$\sigma_{\langle \text{cond1} \rangle}(\sigma_{\langle \text{cond2} \rangle}(R)) = \sigma_{\langle \text{cond2} \rangle}(\sigma_{\langle \text{cond1} \rangle}(R))$$

- È sempre possibile unire una **cascata** di operazioni di selezione in una sola operazione con una condizione congiuntiva:

$$\sigma_{\langle \text{cond1} \rangle}(\sigma_{\langle \text{cond2} \rangle}(\dots(\sigma_{\langle \text{condn} \rangle}(R))) = \sigma_{\langle \text{cond1} \rangle \text{ AND } \langle \text{cond2} \rangle \text{ AND } \dots \text{ AND } \langle \text{condn} \rangle}(R)$$

## Esempio di SELEZIONE

- $\sigma_{N\_D=4}(\text{IMPIEGATO})$
- $\sigma_{\text{STIPENDIO}>30000}(\text{IMPIEGATO})$
- $\sigma_{(N\_D=4 \text{ AND } \text{STIPENDIO}>25000) \text{ OR } (N\_D=5 \text{ AND } \text{STIPENDIO}>30000)}(\text{IMPIEGATO})$

NOME_BATT	INIZ_INT	COGNOME	SSN	DATA_N	INDIRIZZO	SESSO	STIPENDIO	SUPER_SSN	N_D
Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss,Houston,TX	M	40000	888665555	5
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry,Bellaire,TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 FireOak,Humble,TX	M	38000	333445555	5

- In SQL la condizione di selezione è specificata nella clausola WHERE:  
**SELECT \***  
**FROM IMPIEGATO**  
**WHERE N\_D=4 AND STIPENDIO>25000;**

## L'operazione di PROIEZIONE (1)

- Seleziona certe colonne della tabella e ne scarta altre
- Può essere vista come una *partizione verticale* della relazione in due relazioni:
  - una possiede gli attributi necessari (ed è il risultato dell'operazione)
  - l'altra contiene le colonne scartate

È indicata con  $\pi_{\langle \text{lista di attributi} \rangle}(R)$

- $\pi$  (pi greco) denota l'operazione di proiezione
- $\langle \text{lista di attributi} \rangle$  è l'elenco degli attributi desiderati (presi fra quelli di  $R$ )

## L'operazione di PROIEZIONE (2)

- Il risultato dell'operazione ha solo gli attributi specificati nella <lista di attributi>, nello stesso ordine con cui compaiono nella lista
- Il suo **grado** è uguale al numero di attributi in <lista di attributi>
- Se la lista di attributi comprende solo attributi non-chiave di  $R$ , possono presentarsi tuple duplicate; l'operazione di proiezione *rimuove tutte le tuple duplicate*

## Caratteristiche della PROIEZIONE

- Il numero di tuple di una relazione risultante da una proiezione è sempre minore o uguale al numero di tuple presenti in  $R$
- Se la lista di attributi è una superchiave di  $R$  allora la relazione risultante ha lo stesso numero di tuple presenti in  $R$
- Per la proiezione NON vale la commutatività

## Esempio di PROIEZIONE

- $\pi_{\text{NOME\_BATT, COGNOME, STIPENDIO}}(\text{IMPIEGATO})$  (esempio (b))
- $\pi_{\text{SESSO, STIPENDIO}}(\text{IMPIEGATO})$  (esempio (c))

(b)

COGNOME	NOME_BATT	STIPENDIO
Smith	John	30000
Wong	Franklin	40000
Zelaya	Alicia	25000
Wallace	Jennifer	43000
Narayan	Ramesh	38000
English	Joyce	25000
Jabbar	Ahmad	25000
Borg	James	55000

(c)

SESSO	STIPENDIO
M	30000
M	40000
F	25000
F	43000
M	38000
M	25000
M	55000

- In SQL:

```
SELECT DISTINCT SESSO, STIPENDIO
FROM IMPIEGATO
```

## Sequenze di operazioni

- È possibile eseguire più operazioni di algebra relazionale una di seguito all'altra

$\pi_{\text{NOME\_BATT, COGNOME, STIPENDIO}}(\sigma_{\text{N\_D}=5}(\text{IMPIEGATO}))$

NOME_BATT	COGNOME	STIPENDIO
John	Smith	30000
Franklin	Wong	40000
Ramesh	Narayan	38000
Joyce	English	25000

- È possibile dare un nome alle relazioni risultanti

$\text{IMP\_DIP5} \leftarrow \sigma_{\text{N\_D}=5}(\text{IMPIEGATO})$

$\text{RISULTATO} \leftarrow \pi_{\text{NOME\_BATT, COGNOME, STIPENDIO}}(\text{IMP\_DIP5})$



## Ridenominazione

- È possibile usare la tecnica della suddivisione delle operazioni per ridenominare gli attributi delle relazioni intermedie e del risultato

TEMP  $\leftarrow \sigma_{N\_D=5}(\text{IMPIEGATO})$

R(NOME\_DI\_BATTESIMO, NOME\_DI\_FAMIGLIA, STIPENDIO)  $\leftarrow$

$\pi_{\text{NOME\_BATT, COGNOME, STIPENDIO}}(\text{TEMP})$

TEMP	NOME_BATT	INIZ_INT	COGNOME	SSN	DATA_N	INDIRIZZO	SESSO	STIPENDIO	SUPERSSN	N_D
	John	B	Smith	123456789	1965-01-09	731 Fondren,Houston,TX	M	30000	333445555	5
	Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss,Houston,TX	M	40000	888665555	5
	Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 Fire Oak,Humble,TX	M	38000	333445555	5
	Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice,Houston,TX	F	25000	333445555	5

R	NOME_DI_BATTESIMO	NOME_DI_FAMIGLIA	STIPENDIO
	John	Smith	30000
	Franklin	Wong	40000
	Ramesh	Narayan	38000
	Joyce	English	25000

## L'operazione di RIDENOMINAZIONE

È indicata con  $\rho_{S(B_1, B_2, \dots, B_n)}(R)$

- $\rho$  (rho) è usato per indicare l'operazione
- $S$  è il nuovo nome della relazione
- $B_1, B_2, \dots, B_n$  sono i nuovi nomi degli attributi

In SQL:

```

SELECT    I.NOME_BATT AS NOME_BATTESIMO,
            I.COGNOME AS COGNOME,
            I.STIPENDIO AS STIPENDIO
FROM      IMPIEGATO AS I
WHERE      I.N_D = 5;
```

## UNIONE, INTERSEZIONE, DIFFERENZA

- Sono operazioni **binarie**: si applicano a due relazioni
- Le due relazioni su cui è eseguita ognuna delle operazioni deve avere lo stesso tipo di tuple: questa condizione è detta **compatibilità all'unione**
- Si dice che due relazioni  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$  e  $S(B_1, B_2, \dots, B_n)$  sono **compatibili all'unione** se:
  - hanno lo stesso grado  $n$
  - e
  - se  $\text{dom}(A_i) = \text{dom}(B_i)$  per  $1 \leq i \leq n$
- Ciò significa che le due relazioni hanno lo stesso numero di attributi e che ogni coppia di attributi corrispondenti ha lo stesso dominio.

## Definizioni

UNIONE:  $R \cup S$

Il risultato è una relazione che comprende tutte le tuple che sono in  $R$  o in  $S$  oppure sia in  $R$  sia in  $S$ . Le tuple duplicate vengono eliminate.

INTERSEZIONE:  $R \cap S$

Il risultato è una relazione che comprende tutte le tuple che sono sia in  $R$  sia in  $S$ .

DIFFERENZA:  $R - S$

Il risultato è una relazione che comprende tutte le tuple che sono in  $R$  ma non in  $S$ .

# Proprietà

- Sia l'unione, sia l'intersezione sono operazioni **commutative**

$$R \cup S = S \cup R$$

$$R \cap S = S \cap R$$

- Entrambe possono essere trattate come operazioni *n-arie* (applicabili a un qualsiasi numero di relazioni)

- L'operazione differenza NON è commutativa

$$R - S \neq S - R$$

- L'intersezione può essere espressa come

$$R \cap S = ((R \cup S) - (R - S) - (S - R))$$

## Esempi

(b) STUDENTE  $\cup$  ASSISTENTE

(c) STUDENTE  $\cap$  ASSISTENTE

(d) STUDENTE  $-$  ASSISTENTE

(e) ASSISTENTE  $-$  STUDENTE

(a)

STUDENTE	N_B	CO
	Susan	Yao
	Ramesh	Shah
	Johnny	Kohler
	Barbara	Jones
	Amy	Ford
	Jimmy	Wang
	Ernest	Gilbert

ASSISTENTE	NOME_BATT	COGNOME
	John	Smith
	Ricardo	Browne
	Susan	Yao
	Francis	Johnson
	Ramesh	Shah

(b)

N_B	CO
Susan	Yao
Ramesh	Shah
Johnny	Kohler
Barbara	Jones
Amy	Ford
Jimmy	Wang
Ernest	Gilbert
John	Smith
Ricardo	Browne
Francis	Johnson

(c)

N_B	CO
Susan	Yao
Ramesh	Shah

(d)

N_B	CO
Johnny	Kohler
Barbara	Jones
Amy	Ford
Jimmy	Wang
Ernest	Gilbert

(e)

NOME_BATT	COGNOME
John	Smith
Ricardo	Browne
Francis	Johnson

## L'operazione di PRODOTTO CARTESIANO

- È indicata con  $\times$
- Si applica a relazioni che NON sono compatibili all'unione
- $R(A_1, A_2, \dots, A_n) \times S(B_1, B_2, \dots, B_m)$  produce  $Q(A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_m)$
- $Q$  (ha  $n + m$  attributi e) contiene una tupla per ogni possibile combinazione di tuple (una di  $R$  e una di  $S$ )
- $\times$  produce una nuova tupla combinando ogni tupla di  $R$  con ogni tupla di  $S$
- Se  $R$  ha  $n_R$  tuple e  $S$  ne ha  $n_S$ , allora  $R \times S$  ha  $n_R * n_S$  tuple

## Esempio di prodotto cartesiano

- Applicato da solo è generalmente privo di significato

Esempio:

Recuperare per ogni impiegato di sesso femminile un elenco di nomi delle persone a suo carico

```

IMP_SESSO_FEMM  $\leftarrow \sigma_{\text{SESSO} = 'F'}(\text{IMPIEGATO})$ 
NOMI_IMP  $\leftarrow \pi_{\text{NOME\_BATT}, \text{COGNOME}, \text{SSN}}(\text{IMP_SESSO_FEMM})$ 
IMP_PERS_A_CARICO  $\leftarrow \text{NOMI\_IMP} \times \text{PERSONA\_A\_CARICO}$ 
PERS_A_CARICO_EFF  $\leftarrow \sigma_{\text{SSN} = \text{SSN\_I}}(\text{IMP\_PERS\_A\_CARICO})$ 
RISULTATO  $\leftarrow \pi_{\text{NOME\_BATT}, \text{COGNOME}, \text{NOME\_PERSONA\_A\_CARICO}}(\text{PERS\_A\_CARICO\_EFF})$ 

```

## IMP\_SESSO\_FEMMINILE

NOME_BATT	INIZ_INT	COGNOME	SSN	DATA_N	INDIRIZZO	SESSO	STIPENDIO	SUPER_SSN	N.D
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-07-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5

## NOM-IMP

NOME_BATT	COGNOME	SSN
Alicia	Zelaya	999887777
Jennifer	Wallace	987654321
Joyce	English	453453453

## IMP\_PERSONE\_A\_CARICO

NOME_BATT	COGNOME	SSN	SSN_I	NOME_PERSONA_A_CARICO	SESSO	DATA_N	...
Alicia	Zelaya	999887777	333445555	Alice	F	1988-04-06	...
Alicia	Zelaya	999887777	333445555	Theodore	M	1983-10-25	...
Alicia	Zelaya	999887777	333445555	Joy	F	1958-05-03	...
Alicia	Zelaya	999887777	987654321	Abner	M	1942-02-28	...
Alicia	Zelaya	999887777	123456789	Michael	M	1988-01-04	...
Alicia	Zelaya	999887777	123456789	Alice	F	1988-12-30	...
Alicia	Zelaya	999887777	123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	...
Jennifer	Wallace	987654321	333445555	Alice	F	1986-04-05	...
Jennifer	Wallace	987654321	333445555	Theodore	M	1983-10-25	...
Jennifer	Wallace	987654321	333445555	Joy	F	1958-05-03	...
Jennifer	Wallace	987654321	987654321	Abner	M	1942-02-28	...
Jennifer	Wallace	987654321	123456789	Michael	M	1988-01-04	...
Jennifer	Wallace	987654321	123456789	Alice	F	1988-12-30	...
Jennifer	Wallace	987654321	123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	...
Joyce	English	453453453	333445555	Alice	F	1986-04-05	...
Joyce	English	453453453	333445555	Theodore	M	1983-10-25	...
Joyce	English	453453453	333445555	Joy	F	1958-05-03	...
Joyce	English	453453453	987654321	Abner	M	1942-02-28	...
Joyce	English	453453453	123456789	Michael	M	1988-01-04	...
Joyce	English	453453453	123456789	Alice	F	1988-12-30	...
Joyce	English	453453453	123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	...

## PERSONE\_A\_CARICO\_EFFETTIVE

NOME_BATT	COGNOME	SSN	SSN_I	NOME_PERSONA_A_CARICO	SESSO	DATA_N	...
Jennifer	Wallace	987654321	987654321	Abner	M	1942-02-28	...

## RISULTATO

NOME_BATT	COGNOME	NOME_PERSONA_A_CARICO
Jennifer	Wallace	Abner

## L'operazione di JOIN (1)

- Consente di eseguire associazioni tra relazioni
- È usata per unire tuple *logicamente collegate* provenienti da due relazioni
- È indicata con  $R \bowtie_{\langle \text{condizione di join} \rangle} S$
- Il risultato presenta una tupla in corrispondenza di una combinazione di tuple (una di  $R$  e una di  $S$ ) quando la tupla soddisfa la condizione di join.

## L'operazione di JOIN (2)

- La condizione di join è precisata sugli attributi delle due relazioni  $R$  e  $S$  ed è valutata per ogni combinazione di tuple.
- Ogni combinazione di tuple per cui la condizione è vera è inserita nella relazione risultante come *una singola tupla risultante dall'unione*.

## La condizione di JOIN

- Una condizione di join generale assume la forma:

<condizione> **AND** <condizione> **AND** ... **AND** <condizione>

in cui ogni condizione assume la forma  $A_i \theta B_j$

- $A_i$  è un attributo di  $R$
- $B_j$  è un attributo di  $S$
- $A_i, B_j$  hanno lo stesso dominio
- $\theta$  (theta) è uno degli op. di confronto  $\{=, <, \leq, >, \geq, \neq\}$
- Le tuple i cui attributi di join sono nulli NON compaiono nel risultato

## Esempio 1

- Trovare il nome del direttore di ogni dipartimento.
- Occorre *unire* ogni tupla di dipartimento con la tupla di impiegato il cui valore di SSN si accorda con il valore di SSN\_DIR presente in dipartimento.

$\text{DIR\_DIP} \leftarrow \text{DIPARTIMENTO} \bowtie_{\text{SSN\_DIR}=\text{SSN}} \text{IMPIEGATO}$   
 $\text{RISULTATO} \leftarrow \pi_{\text{NOME\_DIP}, \text{COGNOME}, \text{NOME\_BATT}}(\text{DIR\_DIP})$

DIR_DIP	NOME_D	NUMERO_D	SSN_DIR	...	NOME_BATT	INIZ_INT	COGNOME	SSN	...
	Ricerca	5	333445555	...	Franklin	T	Wong	333445555	...
	Amministrazione	4	987654321	...	Jennifer	S	Wallace	987654321	...
	Sede centrale	1	888665555	...	James	E	Borg	888665555	...

## Esempio 2

- Può essere espressa come un prodotto cartesiano seguito da un'operazione di selezione.

$\text{IMP\_PERS\_A\_CARICO} \leftarrow \text{NOMI\_IMP} \times \text{PERSONA\_A\_CARICO}$   
 $\text{PERS\_A\_CARICO\_EFF} \leftarrow \sigma_{\text{SSN}=\text{SSN\_I}}(\text{IMP\_PERS\_A\_CARICO})$

Queste due sono sostituibili da

$\text{PERS\_A\_CARICO\_EFF} \leftarrow \text{NOMI\_IMP} \bowtie_{\text{SSN}=\text{SSN\_I}} \text{PERSONA\_A\_CARICO}$

## L'operazione di EQUIJOIN

- Un join con solo confronti di uguaglianza è detto equijoin
- Si noti che nel risultato si hanno sempre una o più coppie di attributo con valori identici in ogni tupla.

## L'operazione di JOIN NATURALE

- È indicata con \*
- È usata per eliminare l'attributo *superfluo*
- È necessario che i due attributi coinvolti nel join abbiano lo stesso nome in entrambe le relazioni (diversamente si può applicare un'operazione di ridenominazione)



## Esempio di JOIN NATURALE (1)

Combinare le tuple di PROGETTO con le tuple di DIPARTIMENTO che controllano quel progetto. E' necessario ridenominare in NUM\_D l'attributo NUMERO\_D di DIPARTIMENTO (in modo che abbia lo stesso nome dell'attributo in PROGETTO).

$\text{PROG\_DIP} \leftarrow \text{PROGETTO} * \rho_{(\text{NOME\_D}, \text{NUM\_D}, \text{SSN\_DIR}, \text{DATA\_INIZIO\_DIR})}(\text{DIPARTIMENTO})$

PROG_DIP	NOME_P	NUMERO_P	SEDE_P	NUM_D	NOME_D	SSN_DIR	DATA_INIZIO_DIR
	ProdottoX	1	Bellaire	5	Ricerca	333445555	1988-05-22
	ProdottoY	2	Sugarland	5	Ricerca	333445555	1988-05-22
	ProdottoZ	3	Houston	5	Ricerca	333445555	1988-05-22
	Informatizzazione	10	Stafford	4	Amministrazione	987654321	1995-01-01
	Riorganizzazione	20	Houston	1	Sede centrale	888665555	1981-06-19
	Nuove opportunità	30	Stafford	4	Amministrazione	987654321	1995-01-01

## Esempio di JOIN NATURALE (2)

$\text{DIP\_SEDI} \leftarrow \text{DIPARTIMENTO} * \text{SEDI\_DIP}$

DIP_SEDI	NOME_D	NUMERO_D	SSN_DIR	DATA_INIZIO_DIR	SEDE
	Sede centrale	1	888665555	1981-06-19	Houston
	Amministrazione	4	987654321	1995-01-01	Stafford
	Ricerca	5	333445555	1988-05-22	Bellaire
	Ricerca	5	333445555	1988-05-22	Sugarland
	Ricerca	5	333445555	1988-05-22	Houston

## Un insieme completo

- Si può dimostrare che l'insieme di operazioni dell'algebra relazionale  $\{\sigma, \pi, \cup, \rho, -, \times\}$  è un **insieme completo**
- Cioè ogni altra operazione dell'algebra relazionale può essere espressa come una sequenza di operazioni di questo insieme

## L'operazione di DIVISIONE

- L'operazione di DIVISIONE si applica a due relazioni  $R(Z) \div S(X)$  in cui  $X \subseteq Z$
- Sia  $Y$  l'insieme degli attributi di  $R$  che non sono attributi di  $S$ , cioè  $Y = Z - X$
- Il risultato della divisione è una relazione  $T(Y)$  che comprende una tupla  $t$  se in  $R$  sono presenti tuple con  $t_R[Y] = t$  e con  $t_R[X] = t_s$  per ogni tupla  $t_s$  di  $S$ .
- Perché una tupla compaia nel risultato, in  $R$  devono comparire i valori di  $t$  in combinazione con ogni tupla di  $S$ .

## Esempio di DIVISIONE (1)

Trovare i nomi degli impiegati che lavorano a tutti i progetti su cui lavora "John Smith".

- $$\text{SMITH} \leftarrow \sigma_{\text{NOME\_BATT}='John' \text{ AND } \text{COGNOME}='Smith'}(\text{IMPIEGATO})$$

$$\text{SMITH\_N\_PROG} \leftarrow \pi_{\text{N\_P}}(\text{LAVORA\_SU} \bowtie_{\text{SSN\_I}=\text{SSN}} \text{SMITH})$$
- $$\text{SSN\_N\_P} \leftarrow \pi_{\text{SSN\_I}, \text{N\_P}}(\text{LAVORA\_SU})$$
- $$\text{SSNS}(\text{SSN}) \leftarrow \text{SSN\_N\_P} \div \text{SMITH\_N\_PROG}$$

$$\text{RISULTATO} \leftarrow \pi_{\text{NOME\_BATT}, \text{COGNOME}}(\text{SSNS} * \text{IMPIEGATO})$$

## Esempio di DIVISIONE (2)

SSN_N_P	SSN_I	N_P
	123456789	1
	123456789	2
	666884444	3
	453453453	1
	453453453	2
	333445555	2
	333445555	3
	333445555	10
	333445555	20
	999887777	30
	999887777	10
	987987987	10
	987987987	30
	987654321	30
	987654321	20
	888665555	20

SMITH_N_PROG	N_P
	1
	2

SSNS	SSN
	123456789
	453453453

## Esempio di DIVISIONE (3)

$$T \leftarrow R \div S$$

R	A	B
	a1	b1
	a2	b1
	a3	b1
	a4	b1
	a1	b2
	a3	b2
	a2	b3
	a3	b3
	a4	b3
	a1	b4
	a2	b4
	a3	b4

S	A
	a1
	a2
	a3

T	B
	b1
	b4

## Sintesi

Operazione	Effetto	Notazione
SELEZIONE	Seleziona tutte le tuple di una relazione $R$ che soddisfano la condizione di selezione.	$\sigma_{\langle \text{condizione di selezione} \rangle}(R)$
PROIEZIONE	Produce una nuova relazione con solo alcuni degli attributi di $R$ ed elimina le tuple duplicate.	$\pi_{\langle \text{lista di attributi} \rangle}(R)$
THETA JOIN	Produce tutte le combinazioni di tuple di $R_1$ e di $R_2$ che soddisfano la condizione di join.	$R_1 \bowtie_{\langle \text{condizione di join} \rangle} R_2$
EQUIJOIN	Produce tutte le combinazioni di tuple prelevate da $R_1$ e $R_2$ che soddisfano una condizione di join che presenta solo confronti di uguaglianza.	$R_1 \bowtie_{\langle \text{condizione di join} \rangle} R_2$ , oppure $R_1 \bowtie_{(\langle \text{attributi di join 1} \rangle, \langle \text{attributi di join 2} \rangle)} R_2$
JOIN NATURALE	Lo stesso dell'EQUIJOIN, se non per il fatto che gli attributi di join di $R_2$ non sono inseriti nella relazione risultante; se gli attributi di join hanno gli stessi nomi non è necessario specificarli.	$R_1 \bowtie_{\langle \text{condizione di join} \rangle}^* R_2$ , oppure $R_1 \bowtie_{(\langle \text{attributi di join 1} \rangle, \langle \text{attributi di join 2} \rangle)}^* R_2$ oppure $R_1 \bowtie^* R_2$

## Sintesi

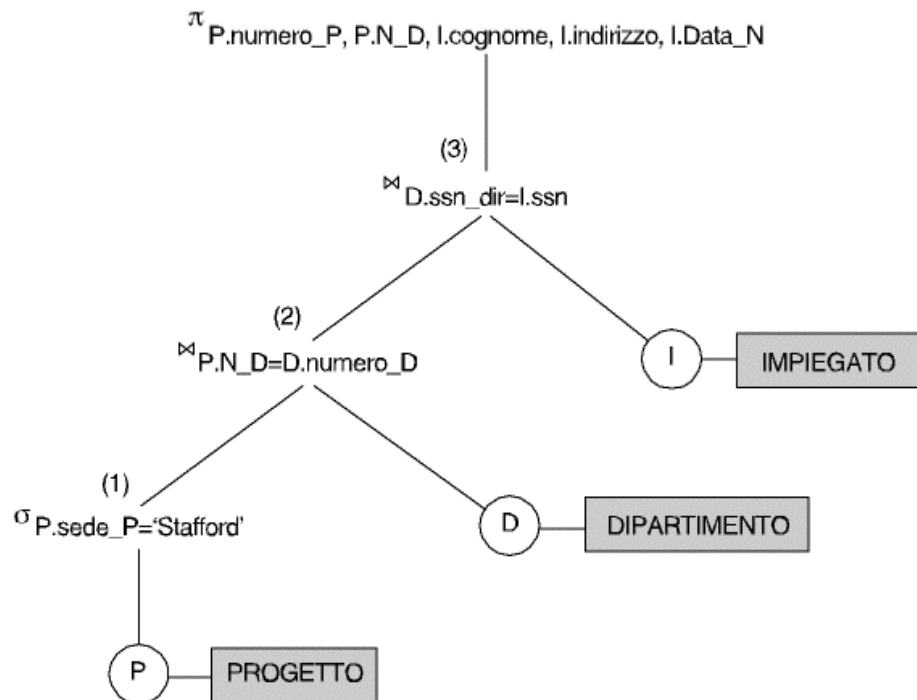
UNIONE	Produce una relazione che contiene tutte le tuple presenti in $R_1$ o in $R_2$ , o in entrambe; $R_1$ e $R_2$ devono essere compatibili all'unione.	$R_1 \cup R_2$
INTERSEZIONE	Produce una relazione che contiene tutte le tuple presenti sia in $R_1$ sia in $R_2$ ; $R_1$ e $R_2$ devono essere compatibili all'unione.	$R_1 \cap R_2$
DIFFERENZA	Produce una relazione che contiene tutte le tuple di $R_1$ che non sono in $R_2$ ; $R_1$ e $R_2$ devono essere compatibili all'unione.	$R_1 - R_2$
PRODOTTO CARTESIANO	Produce una relazione che presenta gli attributi di $R_1$ e $R_2$ e contiene come tuple tutte le possibili combinazioni di tuple di $R_1$ con tuple di $R_2$ .	$R_1 \times R_2$
DIVISIONE	Produce una relazione $R(X)$ che contiene tutte le tuple $t[X]$ di $R_1(Z)$ che in $R_1$ si presentano in combinazione con ogni tupla di $R_2(Y)$ , dove $Z = X \cup Y$ .	$R_1(Z) \div R_2(Y)$

## Alberi di interrogazione

- Un albero di interrogazione è una struttura dati ad albero corrispondente a un'espressione di algebra relazionale.
- Le relazioni in input sono *nodi foglia*
- Le operazioni dell'algebra relazionale sono i *nodi interni*
- Un'esecuzione dell'albero di interrogazione consiste in:
  - eseguire un'operazione (in un nodo interno) ogni volta che sono disponibili i corrispondenti operandi
  - sostituire il nodo interno con la relazione risultante
- L'esecuzione termina quando viene eseguito il nodo radice

## Un albero di interrogazione

Per ogni progetto con sede a Stafford si elenchi il codice del progetto, il codice del dipartimento che controlla il progetto e il cognome, indirizzo, e data di nascita del direttore di quel dipartimento.



## Altre operazioni

- **Proiezione generalizzata:** estende l'operazione di proiezione permettendo di includere delle funzioni sugli attributi nella lista di proiezione.  
Es.:  $\pi_{SSN, (STIPENDIO-TRATTENUTE), 0.25*STIPENDIO}(IMPIEGATO)$
- **Funzioni aggregate:** consentono di specificare funzioni aggregate matematiche su collezioni di valori della base di dati. Sono: SUM, AVERAGE, MAXIMUM, MINIMUM e COUNT.
- **Funzioni di raggruppamento:** per raggruppare le tuple presenti in una relazione sulla base del valore di alcuni loro attributi (su cui applicare poi una funzione aggregata).

## Esempio

(a)

R	N_D	N_DI_IMPIEGATI	STIP_MEDIO
	5	4	33250
	4	3	31000
	1	1	55000

(b)

N_D	COUNT_SSN	AVERAGE_STIPENDIO
5	4	33250
4	3	31000
1	1	55000

(c)

COUNT_SSN	AVERAGE_STIPENDIO
8	35125

L'operazione di FUNZIONE AGGREGATA.

- (a)  $\rho_{R(N_D, N_{DI\_IMPIEGATI}, STIP\_MEDIO)}(N_D \bowtie \text{COUNT\_SSN, AVERAGE\_STIPENDIO}(\text{IMPIEGATO}))$ .  
 (b)  $N_D \bowtie \text{COUNT\_SSN, AVERAGE\_STIPENDIO}(\text{IMPIEGATO})$ .  
 (c)  $\bowtie \text{COUNT\_SSN, AVERAGE\_STIPENDIO}(\text{IMPIEGATO})$ .

## Esercizi su AZIENDA

### IMPIEGATO

NOME_BATT	INIZ_INT	COGNOME	<u>SSN</u>	DATA_N	INDIRIZZO	SESSO	STIPENDIO	SUPER_SSN	N_D
-----------	----------	---------	------------	--------	-----------	-------	-----------	-----------	-----

### DIPARTIMENTO

NOME_D	<u>NUMERO_D</u>	SSN_DIR	DATA_INIZIO_DIR
--------	-----------------	---------	-----------------

### SEDI\_DIP

<u>NUMERO_D</u>	<u>SEDE_D</u>
-----------------	---------------

### PROGETTO

NOME_P	<u>NUMERO_P</u>	SEDE_P	NUM_D
--------	-----------------	--------	-------

### LAVORA\_SU

<u>SSN_I</u>	<u>N_P</u>	ORE
--------------	------------	-----

### PERSONA\_A\_CARICO

<u>SSN_I</u>	<u>NOME_PERSONA_A_CARICO</u>	SESSO	DATA_N	PARENTELA
--------------	------------------------------	-------	--------	-----------

# Esercizi

## IMPIEGATO

NOME_BATT	INIZ_INT	COGNOME	SSN	DATA_N	INDIRIZZO	SESSO	STIPENDIO	SUPER_SSN	N_D
John	B	Smith	123456789	1965-01-09	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss, Houston, TX	M	40000	888665555	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-07-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5
Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	1969-03-29	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
James	E	Borg	888665555	1937-11-10	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

## DIPARTIMENTO

NOME_D	NUMERO_D	SSN_DIR	DATA_INIZIO_DIR
Ricerca	5	333445555	1988-05-22
Amministrazione	4	987654321	1995-01-01
Sede centrale	1	888665555	1981-06-19

## SEDI\_DIP

NUMERO_D	SEDE_D
1	Houston
4	Stafford
5	Bellaire
5	Sugarland
5	Houston

## LAVORA\_SU

SSN_I	N_P	ORE
123456789	1	32,5
123456789	2	7,5
666884444	3	40,0
453453453	1	20,0
453453453	2	20,0
333445555	2	10,0
333445555	3	10,0
333445555	10	10,0
333445555	20	10,0
999887777	30	30,0
999887777	10	10,0
987987987	10	35,0
987987987	30	5,0
987654321	30	20,0
987654321	20	15,0
888665555	20	NULL

## PROGETTO

NOME_P	NUMERO_P	SEDE_P	NUM_D
ProdottoX	1	Bellaire	5
ProdottoY	2	Sugarland	5
ProdottoZ	3	Houston	5
Informalizzazione	10	Stafford	4
Riorganizzazione	20	Houston	1
Nuova opportunità	30	Stafford	4

## PERSONA\_A\_CARICO

SSN_I	NOME_PERSONA_A_CARICO	SESSO	DATA_N	PARENTELA
333445555	Alice	F	1986-04-05	FIGLIA
333445555	Theodore	M	1983-10-25	FIGLIO
333445555	Joy	F	1958-05-03	CONIUGE
987654321	Abner	M	1942-02-28	CONIUGE
123456789	Michael	M	1988-01-04	FIGLIO
123456789	Alice	F	1988-12-30	FIGLIA
123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	CONIUGE