

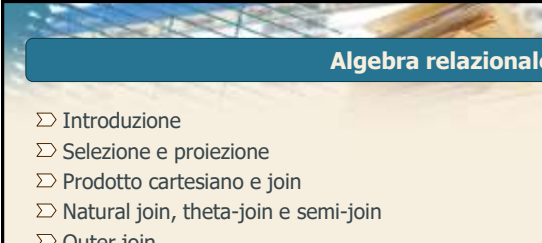


Modello relazionale e algebra relazionale

Algebra relazionale

DBG

1



Algebra relazionale

- ▷ Introduzione
- ▷ Selezione e proiezione
- ▷ Prodotto cartesiano e join
- ▷ Natural join, theta-join e semi-join
- ▷ Outer join
- ▷ Unione e intersezione
- ▷ Differenza e antijoin
- ▷ Divisione e altri operatori

DBG

2

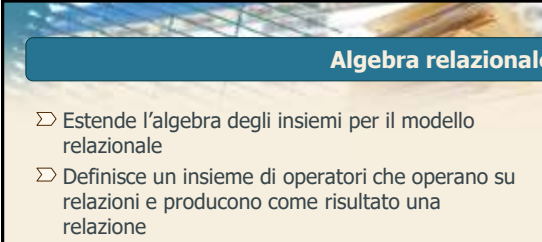


Algebra relazionale

Introduzione

DBG

3

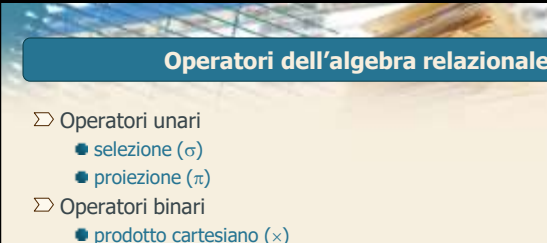


Algebra relazionale

- ▷ Estende l'algebra degli insiemi per il modello relazionale
- ▷ Definisce un insieme di operatori che operano su relazioni e producono come risultato una relazione
- ▷ Gode della proprietà di chiusura
 - il risultato di qualunque operazione algebrica su relazioni è a sua volta una relazione

DBG

4

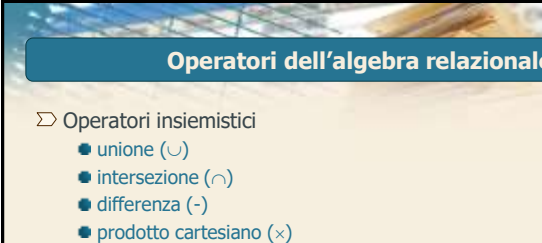


Operatori dell'algebra relazionale

- ▷ Operatori unari
 - selezione (σ)
 - proiezione (π)
- ▷ Operatori binari
 - prodotto cartesiano (\times)
 - join (\bowtie)
 - unione (\cup)
 - intersezione (\cap)
 - differenza ($-$)
 - divisione ($/$)

DBG

5



Operatori dell'algebra relazionale

- ▷ Operatori insiemistici
 - unione (\cup)
 - intersezione (\cap)
 - differenza ($-$)
 - prodotto cartesiano (\times)
- ▷ Operatori relazionali
 - selezione (σ)
 - proiezione (π)
 - join (\bowtie)
 - divisione ($/$)

DBG

6

Relazioni d'esempio

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Docenti

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DBM 7

7

Algebra relazionale

Selezione e proiezione

DBM 8

8

Selezione

⊃ La selezione estrae un sottoinsieme *"orizzontale"* della relazione

- opera una decomposizione orizzontale della relazione

DBM 9

9

Selezione: esempio

⊃ Trovare i corsi tenuti nel secondo semestre

DBM 10

10

Selezione: esempio

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

↓

R

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

DBM 11

11

Selezione: definizione

$$R = \sigma_p A$$

⊃ La selezione genera una relazione R

- avente lo stesso schema di A
- contenente tutte le tuple della relazione A per cui è vero il predicato *p*

⊃ Il predicato *p* è un'espressione booleana (operatori \wedge, \vee, \neg) di espressioni di confronto tra attributi o tra attributi e costanti

- p : Città='Torino' \wedge Età > 18
- p : DataRestituzione > DataConsegna + 10

DBM 12

12

Selezione: esempio

▷ Trovare i corsi tenuti nel secondo semestre

$$R = \sigma_{\text{Semestre}=2} \text{Corsi}$$

$$\begin{array}{c}
 R \\
 \parallel \\
 \sigma_{\text{Semestre}=2} \\
 \parallel \\
 \text{Corsi}
 \end{array}$$

Corsi	Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
	M2170	Informatica 1	1	D102
	M4880	Sistemi digitali	2	D104
	F1401	Elettronica	1	D104
	F0410	Basi di dati	2	D102

13

13

Proiezione

▷ La proiezione estrae un sottoinsieme "verticale" della relazione

- opera una decomposizione verticale della relazione

14

14

Proiezione: esempio (n. 1)

▷ Trovare il nome dei docenti

15

15

Proiezione: esempio (n. 1)

Docenti	MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
	D102	Verdi	Informatica
	D105	Neri	Informatica
	D104	Bianchi	Elettronica

16

16

Proiezione: esempio (n. 1)

Docenti	MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
	D102	Verdi	Informatica
	D105	Neri	Informatica
	D104	Bianchi	Elettronica

↓

R

NomeDoc
Verdi
Neri
Bianchi

17

17

Proiezione: definizione

$$R = \pi_L A$$

▷ La proiezione genera una relazione R

- avente come schema la lista di attributi L (sottoinsieme dello schema di A)
- contenente tutte le tuple presenti in A

18

18

Proiezione: esempio (n. 1)

▷ Trovare il nome dei docenti

$$R$$

$$\downarrow \pi_{\text{NomeDoc}}$$

Docenti

$$R = \pi_{\text{NomeDoc}} \text{Docenti}$$

Docenti	MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
	D102	Verdi	Informatica
	D105	Neri	Informatica
	D104	Bianchi	Elettronica

DBMG 19

Proiezione: esempio (n. 2)

▷ Trovare i nomi dei dipartimenti in cui è presente almeno un docente

$$R$$

$$\downarrow \pi_{\text{Dipartimento}}$$

Docenti

$$R = \pi_{\text{Dipartimento}} \text{Docenti}$$

DBMG 20

Proiezione: esempio (n. 2)

Docenti	MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
	D102	Verdi	Informatica
	D105	Neri	Informatica
	D104	Bianchi	Elettronica

$$\downarrow$$

R

Dipartimento
Informatica
Elettronica

DBMG 21

Proiezione: definizione

$R = \pi_L A$

▷ La proiezione genera una relazione R

- avente come schema la lista di attributi L (sottoinsieme dello schema di A)
- contenente tutte le tuple presenti in A

▷ Sono eliminati gli eventuali duplicati dovuti all'esclusione degli attributi non in L

- se L include una chiave candidata, non vi sono duplicati

DBMG 22

Selezione+proiezione: esempio

▷ Selezionare il nome dei corsi nel secondo semestre

DBMG 23

Selezione+proiezione: esempio

Corsi	Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
	M2170	Informatica 1	1	D102
	M4880	Sistemi digitali	2	D104
	F1401	Elettronica	1	D104
	F0410	Basi di dati	2	D102

$$\downarrow$$

Selezione

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

DBMG 24

Selezione+proiezione: esempio

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

↓ Proiezione

R

NomeCorso
Sistemi digitali
Basi di dati

DBM 25

25

Selezione+proiezione: esempio

▷ Trovare il nome dei corsi nel secondo semestre

$$R = \pi_{\text{NomeCorso}}(\sigma_{\text{Semestre}=2} \text{Corsi})$$

$$\begin{array}{c} R \\ \parallel \\ \pi_{\text{NomeCorso}} \\ \downarrow \\ \sigma_{\text{Semestre}=2} \\ \text{Corsi} \end{array}$$

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

DBM 26

26

Selezione+proiezione: esempio (corretto?)

▷ Trovare il nome dei corsi nel secondo semestre

$$R = \sigma_{\text{Semestre}=2}(\pi_{\text{NomeCorso}} \text{Corsi})$$

$$\begin{array}{c} R \\ \parallel \\ \sigma_{\text{Semestre}=2} \\ \downarrow \\ \pi_{\text{NomeCorso}} \\ \text{Corsi} \end{array}$$

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

DBM 27

27

Selezione+proiezione: soluzione errata

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

↓ Proiezione

NomeCorso
Informatica 1
Sistemi digitali
Elettronica
Basi di dati

DBM 28

28

Selezione+proiezione: soluzione errata

NomeCorso
Informatica 1
Sistemi digitali
Elettronica
Basi di dati

▷ L'attributo Semestre non esiste più

- non è più disponibile l'informazione relativa al semestre
- non si può eseguire l'operazione di selezione

DBM 29

29

Selezione+proiezione: soluzione errata

▷ Trovare il nome dei corsi nel secondo semestre

~~$$R = \sigma_{\text{Semestre}=2}(\pi_{\text{NomeCorso}} \text{Corsi})$$~~

~~$$\begin{array}{c} R \\ \parallel \\ \sigma_{\text{Semestre}=2} \\ \downarrow \\ \pi_{\text{NomeCorso}} \\ \text{Corsi} \end{array}$$~~

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

DBM 30

30

Algebra relazionale

Prodotto cartesiano e join

DMG

31

Prodotto cartesiano

⇒ Il prodotto cartesiano di due relazioni A e B genera tutte le coppie formate da una tupla di A e una tupla di B

DMG

32

32

Prodotto cartesiano: esempio

⇒ Trovare il prodotto cartesiano tra Corsi e Docenti

DMG

33

33

Prodotto cartesiano: esempio

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Docenti

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DMG

34

34

Prodotto cartesiano: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D105	Neri	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D104	Bianchi	Elettronica

DMG

35

35

Prodotto cartesiano: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D105	Neri	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D104	Bianchi	Elettronica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D105	Neri	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica

DMG

36

36

Prodotto cartesiano: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D105	Neri	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D104	Bianchi	Elettronica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D105	Neri	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	D102	Verdi	Informatica
F1401	Elettronica	1	D104	D105	Neri	Informatica
F1401	Elettronica	1	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	D102	Verdi	Informatica
F0410	Basi di dati	2	D102	D105	Neri	Informatica
F0410	Basi di dati	2	D102	D104	Bianchi	Elettronica

37

37

Prodotto cartesiano: definizione

$R = A \times B$

⊃ Il prodotto cartesiano di due relazioni A e B genera una relazione R

- avente come schema l'unione degli schemi di A e di B
- contenente tutte le coppie formate da una tupla di A e una tupla di B

⊃ Il prodotto cartesiano è

- commutativo
 - $A \times B = B \times A$
- associativo
 - $(A \times B) \times C = A \times (B \times C) = A \times B \times C$

38

38

Prodotto cartesiano: esempio

⊃ Trovare il prodotto cartesiano tra Corsi e Docenti

R
||
X
/ \

$R = \text{Corsi} \times \text{Docenti}$

39

39

Legame tra attributi

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D105	Neri	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D104	Bianchi	Elettronica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D105	Neri	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	D102	Verdi	Informatica
F1401	Elettronica	1	D104	D105	Neri	Informatica
F1401	Elettronica	1	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	D102	Verdi	Informatica
F0410	Basi di dati	2	D102	D105	Neri	Informatica
F0410	Basi di dati	2	D102	D104	Bianchi	Elettronica

40

40

Join

⊃ Il join di due relazioni A e B genera tutte le coppie formate da una tupla di A e una tupla di B "semanticamente legate"

41

41

Join: esempio

⊃ Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono

42

42

Join: esempio

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Docenti

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DBM 43

43

Join: esempio

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D105	Neri	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D104	Bianchi	Elettronica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D105	Neri	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	D102	Verdi	Informatica
F1401	Elettronica	1	D104	D105	Neri	Informatica
F1401	Elettronica	1	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	D102	Verdi	Informatica
F0410	Basi di dati	2	D102	D105	Neri	Informatica
F0410	Basi di dati	2	D102	D104	Bianchi	Elettronica

DBM 44

44

Join: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	D102	Verdi	Informatica

DBM 45

45

Join: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	D102	Verdi	Informatica

▷ *Nota bene:* il docente (D105,Neri,Informatica), che non tiene alcun corso, non compare nel risultato del join

DBM 46

46

Join: definizione

▷ Il join è un operatore derivato

- può essere espresso utilizzando gli operatori \times , σ_{P} , π_L

▷ Il join è definito separatamente perché esprime sinteticamente molte operazioni ricorrenti nelle interrogazioni

▷ Esistono diversi tipi di join

- natural join
- theta-join (e il suo sottocaso equi-join)
- semi-join

DBM 47

47

Algebra relazionale

Natural join, theta-join e semi-join

DBM 48

48

Natural join: definizione

$R = A \bowtie B$

▷ Il natural join di due relazioni A e B genera una relazione R

- avente come schema
 - gli attributi presenti nello schema di A e non presenti nello schema di B
 - gli attributi presenti nello schema di B e non presenti nello schema di A
 - una sola copia degli attributi comuni (con lo stesso nome nello schema di A e di B)
- contenente tutte le coppie costituite da una tupla di A e una tupla di B per cui il valore degli attributi comuni è uguale

49

49

Natural join: proprietà

$R = A \bowtie B$

▷ Il natural join è commutativo e associativo

50

50

Natural join: esempio

▷ Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono

51

51

Natural join: esempio

▷ Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono

$R = \text{Corsi} \bowtie \text{Docenti}$

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	Verdi	Informatica

52

52

Natural join: esempio

▷ Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono

$R = \text{Corsi} \bowtie \text{Docenti}$

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	Verdi	Informatica

53

53

Natural join: esempio

▷ Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono

$R = \text{Corsi} \bowtie \text{Docenti}$

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	Verdi	Informatica

54

54

Natural join: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	Verdi	Informatica

▷ *Nota bene:* l'attributo comune MatrDocente è presente una volta sola nello schema della relazione risultante R

DBM 55

55

Theta-join

▷ Il theta-join di due relazioni A e B genera tutte le coppie formate da una tupla di A e una tupla di B che soddisfano una generica "condizione di legame"

DBM 56

56

Theta-join: esempio

▷ Trovare la matricola dei docenti che sono titolari di almeno due corsi

DBM 57

57

Theta-join: esempio

Corsi C1

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Corsi C2

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

DBM 58

58

Theta-join: esempio

▷ Trovare la matricola dei docenti che sono titolari di almeno due corsi

p: C1.MatrDocente=C2.MatrDocente ∧ C1.Codice<>C2.Codice

$R = \pi_{C1.MatrDocente}((Corsi\ C1) \bowtie_p (Corsi\ C2))$

DBM 59

59

Theta-join: esempio

Corsi C1. Codice	Corsi C1. NomeCorso	Corsi C1. Semestre	Corsi C1. MatrDocente	Corsi C2. Codice	Corsi C2. NomeCorso	Corsi C2. Semestre	Corsi C2. MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102	M2170	Informatica 1	1	D102
M2170	Informatica 1	1	D102	M4880	Sistemi digitali	2	D104
M2170	Informatica 1	1	D102	F1401	Elettronica	1	D104
M2170	Informatica 1	1	D102	F0410	Basi di dati	2	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104	M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104	M4880	Sistemi digitali	2	D104
M4880	Sistemi digitali	2	D104	F1401	Elettronica	1	D104
M4880	Sistemi digitali	2	D104	F0410	Basi di dati	2	D102
F1401	Elettronica	1	D104	M2170	Informatica 1	1	D102
F1401	Elettronica	1	D104	M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104	F1401	Elettronica	1	D104
F1401	Elettronica	1	D104	F0410	Basi di dati	2	D102
F0410	Basi di dati	2	D102	M2170	Informatica 1	1	D102
F0410	Basi di dati	2	D102	M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102	F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102	F0410	Basi di dati	2	D102

DBM 60

60

Theta-join: esempio

Corsi C1. Codice	Corsi C1. NomeCorso	Corsi C1. Semestre	Corsi C1. MatrDocente	Corsi C2. Codice	Corsi C2. NomeCorso	Corsi C2. Semestre	Corsi C2. MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102	F0410	Basi di dati	2	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104	F1401	Elettronica	1	D104
F1401	Elettronica	1	D104	M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102	M2170	Informatica 1	1	D102

↓

R

Corsi C1. MatrDocente
D102
D104

61

Theta-join: definizione

$R = A \bowtie_p B$

- ⊃ Il theta-join di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente come schema l'unione degli schemi di A e di B
 - contenente tutte le coppie costituite da una tupla di A e una tupla di B per cui è vero il predicato p
- ⊃ Il predicato p è nella forma $X \theta Y$
 - X è un attributo di A, Y è un attributo di B
 - θ è un operatore di confronto compatibile con i domini di X e di Y
- ⊃ Il theta-join è commutativo e associativo

62

Equi-join: definizione

$R = A \bowtie_{=} B$

- ⊃ Equi-join
 - caso particolare del theta-join in cui θ è l'operatore di uguaglianza (=)

63

Semi-join

- ⊃ Il semi-join di due relazioni A e B seleziona tutte le tuple di A "*semanticamente legate*" ad almeno una tupla di B
 - le informazioni di B non compaiono nel risultato

64

Semi-join: esempio

⊃ *Trovare le informazioni relative ai docenti titolari di almeno un corso*

65

Semi-join: esempio

Docenti

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

66

Semi-join: esempio

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
D102	Verdi	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D102	Verdi	Informatica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D102	Verdi	Informatica	F1401	Elettronica	1	D104
D102	Verdi	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D105	Neri	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D105	Neri	Informatica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D105	Neri	Informatica	F1401	Elettronica	1	D104
D105	Neri	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M2170	Informatica 1	1	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D104	Bianchi	Elettronica	F1401	Elettronica	1	D104
D104	Bianchi	Elettronica	F0410	Basi di dati	2	D102

67

67

Semi-join: esempio

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
D102	Verdi	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D102	Verdi	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D104	Bianchi	Elettronica	F1401	Elettronica	3	D104

↓

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

68

68

Semi-join: definizione

$R = A \bowtie_p B$

- ▷ Il semi-join di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente lo stesso schema di A
 - contenente tutte le tuple di A per cui è vero il predicato specificato da *p*
- ▷ Il predicato *p* è espresso nella stessa forma del theta-join (confronto tra attributi di A e di B)

69

69

Semi-join: proprietà

- ▷ Il semi-join può essere espresso in funzione del theta-join
 - $A \bowtie_p B = \pi_{\text{schema}(A)}(A \bowtie B)$
- ▷ Il semi-join *non gode* della proprietà commutativa

70

70

Semi-join: esempio

▷ Trovare le informazioni relative ai docenti titolari di almeno un corso

$R = \text{Docenti} \bowtie_p \text{Corsi}$

p: Docenti.MatrDocente=Corsi.MatrDocente

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

71

71

Algebra relazionale

Outer join

72

72

Outer-join

- ▷ Variante del join che permette di conservare l'informazione relativa alle tuple non semanticamente legate dal predicato di join
 - completa con valori nulli le tuple prive di controparte
- ▷ Esistono tre tipi di outer-join
 - left: sono completate solo le tuple del primo operando
 - right: sono completate solo le tuple del secondo operando
 - full: sono completate le tuple di entrambi gli operandi



73

73

Left outer-join

- ▷ Il left outer-join di due relazioni A e B genera le coppie formate da
 - una tupla di A e una di B "*semanticamente legate*"
 - +
 - una tupla di A "*non semanticamente legata*" a tuple di B completata con valori nulli per tutti gli attributi di B



74

74

Left outer-join: esempio

- ▷ Trovare le informazioni sui docenti e sui corsi che tengono



75

75

Left outer-join: esempio

Docenti

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102



76

76

Left outer-join: esempio

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
D102	Verdi	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D102	Verdi	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D104	Bianchi	Elettronica	F1401	Elettronica	1	D104



77

77

Left outer-join: esempio

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
D102	Verdi	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D102	Verdi	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D104	Bianchi	Elettronica	F1401	Elettronica	1	D104
D105	Neri	Informatica	null	null	null	null



78

78

Left outer-join: definizione

$R = A \bowtie_p B$

▷ Il left outer-join di due relazioni A e B genera una relazione R

- avente come schema l'unione degli schemi di A e di B
- contenente le coppie formate da
 - una tupla di A e una tupla di B per cui è vero il predicato p
 - una tupla di A che non è correlata mediante il predicato p a tuple di B completata con valori nulli per tutti gli attributi di B

▷ Il left outer-join *non* è commutativo

79

Left outer-join: esempio

▷ Trovare le informazioni sui docenti e sui corsi che tengono

$R = \text{Docenti} \bowtie_p \text{Corsi}$

$p: \text{Docenti.MatrDocente} = \text{Corsi.MatrDocente}$

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
D102	Verdi	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D102	Verdi	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D104	Bianchi	Elettronica	F1401	Elettronica	1	D104
D104	Neri	Informatica	null	null	null	null

80

Right outer-join: definizione

$R = A \bowtie_p B$

▷ Il right outer-join di due relazioni A e B genera una relazione R

- avente come schema l'unione degli schemi di A e di B
- contenente le coppie formate da
 - una tupla di A e una tupla di B per cui è vero il predicato p
 - una tupla di B che non è correlata mediante il predicato p a tuple di A completata con valori nulli per tutti gli attributi di A

▷ Il right outer-join *non* è commutativo

81

Right outer-join: esempio

Docenti

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102
E0015	Lingua inglese	1	E001

82

Right outer-join: esempio

▷ Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono

$R = \text{Corsi} \bowtie_p \text{Docenti}$

$p: \text{Corsi.MatrDocente} = \text{Docenti.MatrDocente}$

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	D102	Verdi	Informatica
E0015	Lingua inglese	1	E001	null	null	null

83

Full outer-join: definizione

$R = A \bowtie_p B$

▷ Il full outer-join di due relazioni A e B genera una relazione R

- avente come schema l'unione degli schemi di A e di B


84

Full outer-join: definizione

$R = A \bowtie_p B$

▷ Il full outer-join di due relazioni A e B genera una relazione R

- contenente le coppie formate da
 - una tupla di A e una tupla di B per cui è vero il predicato p
 - una tupla di A che non è correlata mediante il predicato p a tuple di B completata con valori nulli per tutti gli attributi di B
 - una tupla di B che non è correlata mediante il predicato p a tuple di A completata con valori nulli per tutti gli attributi di A




85

85

Full outer-join: proprietà

$R = A \bowtie_p B$

▷ Il full outer-join è commutativo



86

86

Full outer-join: esempio

Docenti

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Corsi

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102
E0015	Lingua inglese	1	E001



87

87


Full outer-join: esempio

▷ Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti

R
 \parallel
 \bowtie_p
 Corsi Docenti

$R = \text{Corsi} \bowtie_p \text{Docenti}$
 $p: \text{Corsi.MatrDocente} = \text{Docenti.MatrDocente}$

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	D102	Verdi	Informatica
E0015	Lingua inglese	1	E001	null	null	null
null	null	null	null	D105	Neri	Informatica



88

88



Algebra relazionale

Unione e intersezione

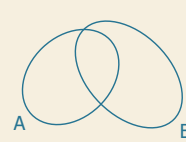


89


89

Unione


▷ L'unione di due relazioni A e B seleziona tutte le tuple presenti in almeno una delle due relazioni



A B



A B



90

90

Unione: relazioni d'esempio

DocentiLaurea

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DocentiMaster

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica

91

91

Unione: esempio

⇒ Trovare le informazioni relative ai docenti dei corsi di laurea o di master

92

92

Unione: esempio

DocentiLaurea

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DocentiMaster

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica

⇒ *Nota bene:*
i duplicati sono eliminati

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica
D101	Rossi	Elettrica

93

93

Unione: definizione

$R = A \cup B$

⇒ L'unione di due relazioni A e B genera una relazione R

- avente lo stesso schema di A e B
- contenente tutte le tuple appartenenti ad A e tutte le tuple appartenenti a B (o a entrambi)

⇒ **Compatibilità**

- le relazioni A e B devono avere lo stesso schema (numero e tipo degli attributi)

⇒ Le tuple duplicate sono eliminate

⇒ L'unione è commutativa e associativa

94

94

Unione: esempio

⇒ Trovare le informazioni relative ai docenti dei corsi di laurea o di master

$R = \text{DocentiLaurea} \cup \text{DocentiMaster}$

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica
D101	Rossi	Elettrica

95

95

Intersezione


⇒ L'intersezione di due relazioni A e B seleziona tutte le tuple presenti in entrambe le relazioni

96

96

Intersezione: esempio

▷ Trovare le informazioni relative ai docenti sia di corsi di laurea, sia di master




97

Intersezione: esempio

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica



98


Intersezione: esempio

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica



99

Intersezione: definizione

$R = A \cap B$


▷ L'intersezione di due relazioni A e B genera una relazione R

- avente lo stesso schema di A e B
- contenente tutte le tuple appartenenti sia ad A sia a B

▷ **Compatibilità**

- le relazioni A e B devono avere lo stesso schema (numero e tipo degli attributi)

▷ L'intersezione è commutativa e associativa



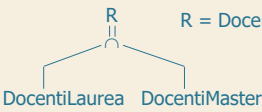
100

Intersezione: esempio


▷ Trovare le informazioni relative ai docenti sia di corsi di laurea, sia di master

R

$R = \text{DocentiLaurea} \cap \text{DocentiMaster}$



MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica



101

Algebra relazionale

Differenza e antijoin



102

Differenza

▷ La differenza di due relazioni A e B seleziona tutte le tuple presenti *esclusivamente* in A

D B M G 103

103

Differenza

D B M G 104

104

Differenza: esempio (n.1)

▷ *Trovare i docenti di corsi di laurea ma non di master*

D B M G 105

105

Differenza: esempio (n.1)

DocentiLaurea		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DocentiMaster		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

D B M G 106

106

Differenza: definizione

$R = A - B$

▷ La differenza di due relazioni A e B genera una relazione R

- avente lo stesso schema di A e di B
- contenente tutte le tuple appartenenti ad A che non appartengono a B

▷ *Compatibilità*

- le relazioni A e B devono avere lo stesso schema (numero e tipo degli attributi)

▷ La differenza *non gode* né della proprietà commutativa, né della proprietà associativa

D B M G 107

107

Differenza: esempio (n.1)

▷ *Trovare i docenti di corsi di laurea ma non di master*

$R = \text{DocentiLaurea} - \text{DocentiMaster}$

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

D B M G 108

108

Differenza: esempio (n. 2)

▷ Trovare i docenti di corsi di master ma non di laurea

$$R = \text{DocentiMaster} - \text{DocentiLaurea}$$

DocentiMaster DocentiLaurea

DBG 109

109

Differenza: esempio (n. 2)

DocentiMaster		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica

DocentiLaurea		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D101	Rossi	Elettrica

DBG 110

110

Differenza: esempio (n. 3)

▷ Trovare Matricola, Nome e Dipartimento dei docenti che non tengono corsi

$$R = \text{Docenti} \bowtie ((\pi_{\text{MatrDocente}} \text{Docenti}) - (\pi_{\text{MatrDocente}} \text{Corsi}))$$

DBG 111

111

Differenza: esempio (n. 3)

Docenti		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Matricole dei docenti →

Corsi			
Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Matricole dei docenti che tengono almeno un corso

DBG 112

112

Differenza: esempio (n. 3)

MatrDocente
D102
D105
D104

← Matricole dei docenti

Differenza →

MatrDocente
D105

← Matricole dei docenti che tengono almeno un corso

DBG 113

113

Differenza: esempio (n. 3)

MatrDocente
D105

Natural Join

Docenti		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica


DBG 114

114

Anti-join

▷ L'anti-join tra due relazioni A e B seleziona tutte le tuple di A *"semanticamente non legate"* a tuple di B

- le informazioni di B non compaiono nel risultato




115

115

Anti-join: esempio

▷ Trovare Matricola, Nome e Dipartimento dei docenti che non tengono corsi



116


116

Anti-join: esempio

Docenti		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Corsi			
Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

R		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica



117

117

Anti-join: definizione


$$R = A \bar{\bowtie}_p B$$

▷ L'anti-join di due relazioni A e B genera una relazione R

- avente lo stesso schema di A
- contenente tutte le tuple di A per cui non esiste nessuna tupla in B per cui è vero il predicato **p**

 ▷ Il predicato **p** è espresso nella stessa forma del theta-join e del semi-join

- ▷ L'anti-join *non gode* né della proprietà commutativa, né della proprietà associativa

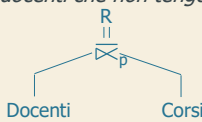


118

118

Anti-join: esempio


▷ Trovare Matricola, Nome e Dipartimento dei docenti che non tengono corsi



$$R = \text{Docenti} \bar{\bowtie}_p \text{Corsi}$$

p: Docenti.MatrDocente=Corsi.MatrDocente

R		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica



119

119

Algebra relazionale

Divisione e altri operatori



120

120

Divisione: esempio

▷ Trovare gli studenti che hanno superato l'esame di **tutti** i corsi del primo anno

MatrStudente	CodCorso
S1	C1
S1	C2
S1	C3
S1	C4
S1	C5
S1	C6
S2	C1
S2	C2
S3	C2
S4	C2
S4	C4
S4	C5

CodCorso
C1
C2
C3
C4
C5
C6

121

Divisione: esempio

MatrStudente	CodCorso
S1	C1
S1	C2
S1	C3
S1	C4
S1	C5
S1	C6
S2	C1
S2	C2
S3	C2
S4	C2
S4	C4
S4	C5

CodCorso
C1

R

MatrStudente
S1
S2

122

Divisione: esempio (n. 2)

MatrStudente	CodCorso
S1	C1
S1	C2
S1	C3
S1	C4
S1	C5
S1	C6
S2	C1
S2	C2
S3	C2
S4	C2
S4	C4
S4	C5

CodCorso
C2
C4

123

Divisione: esempio (n. 2)

MatrStudente	CodCorso
S1	C1
S1	C2
S1	C3
S1	C4
S1	C5
S1	C6
S2	C1
S2	C2
S3	C2
S4	C2
S4	C4
S4	C5

CodCorso
C2
C4

R

MatrStudente
S1
S4

124

Divisione: esempio (n. 3)

MatrStudente	CodCorso
S1	C1
S1	C2
S1	C3
S1	C4
S1	C5
S1	C6
S2	C1
S2	C2
S3	C2
S4	C2
S4	C4
S4	C5

CodCorso
C1
C2
C3
C4
C5
C6

R

MatrStudente
S1

125

Divisione: definizione

$R = A / B$

▷ La divisione della relazione A per la relazione B genera una relazione R

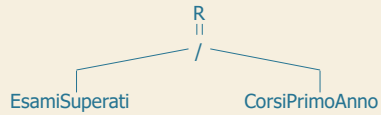
- avente come schema *schema(A) - schema(B)*
- contenente tutte le tuple di A tali che per ogni tupla (b_1, b_2, b_3, \dots) in B esiste una tupla $(a_1, a_2, a_3, \dots, b_1, b_2, b_3, \dots)$ in A

▷ La divisione *non gode* né della proprietà commutativa, né della proprietà associativa

126

Divisione: esempio

▷ Trovare gli studenti che hanno superato l'esame di **tutti** i corsi del primo anno



$$R = \text{EsamiSuperati} / \text{CorsiPrimoAnno}$$



127

127

Altri operatori

▷ Sono stati proposti numerosi altri operatori per estendere il potere espressivo dell'algebra relazionale

- estensione con un nuovo attributo, definito da un'espressione scalare
 - PESO_LORDO=PESO_NETTO+TARA
- calcolo di funzioni aggregate
 - max, min, avg, count, sum
- eventualmente con la definizione di sottoinsiemi in cui raggruppare i dati (GROUP BY di SQL)



128

128