

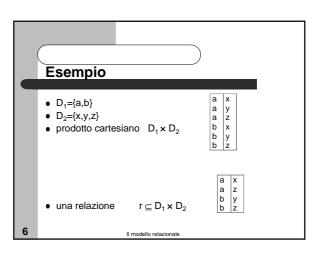
Il modello relazionale

- Il modello relazionale, sebbene non sia stato il modello usato nei primi DBMS, è divenuto lentamente il modello più importante al punto che è oggi comunemente usato in quasi tutti i DBMS disponibili a livello commerciale
- la ragione principale della popolarità di questo modello è che fornisce linguaggi semplici e di tipo dichiarativo, ma al tempo stesso potenti, con cui esprimere le operazioni per l'accessœ la manipolazione dei dati

Relazione • D₁, D₂, ..., D_n (n insiemi anche non distinti)

- il prodotto cartesiano $D_1 \times D_2 \times ... \times D_n$, è l'insieme di tutte le **tuple** ordinate $(d_1, d_2, ..., d_n)$ tali che $d_1 \in D_1, d_2 \in D_2$,
- una relazione su D₁, D₂, ..., D_n è un sottoinsieme del prodotto cartesiano $D_1 \times D_2 \times ... \times D_n$
- D₁, D₂, ..., D_n sono i domini della relazione
- ullet una relazione su n domini ha ${f grado}\ n$
- il numero di tuple è la cardinalità della relazione
- nelle applicazioni reali, la cardinalità è sempre finita

Dominio • Un dominio è un insieme (anche infinito) di valori: • Esempi: - l' insieme dei numeri interi - l' insieme delle stringhe di caratteri diunghezza 20 - I' insiem@0,1}



Relazione matematica, proprietà

 In base alle definizione, una relazione matematica è un insieme di tuole ordinate:

 $(d_1, d_2, ..., d_n)$ tali che $d_1 \in D_1, d_2 \in D_2, ..., d_n \in D_n$

- una relazione è un insieme, quindi:
 - non è definito alcun ordinamento fra le tuple
 - le tuple di una relazione sono distinte l'una dall'altra
- una tupla è al proprio interno ordinata: l' i-esimo valore di ciascuna proviene dall' i -esimo dominio; è cioè definito un ordinamento fra i domini

7

Il modello relazionale

Notazioni • Sia r una relazione di grado k: - sia t una tupla di r - sia i un intero appartenente all' insiemé1,...,k} - t[i] denota la i-esima componente di t Esempio: Sia r={(0,a), (0,c),(1,b)} Sia t=(0,a) una tupla di r t[2] = a t[1] = 0

Il modello relazionale

Modello relazionale

- Una relazione può essere vista, alternativamente, come una tabella, in cui ogni riga è una tupla ed ogni colonna corrisponde ad una componente
- alle colonne sono associati dei nomi, detti nomi di attributo

la coppia (nome di attributo, dominio) è detta attributo

 l'insieme degli attributi di una relazione ne costituisce lo schema

q

I modello relazional

Modello relazionale

 Se una relazione ha nome R ed attributi di nomi rispettivamente A₁, A₂,....,A_k, lo schema è spesso indicato con

$$R(A_1, A_2,....,A_k)$$

 inoltre UR = {A₁, A₂,....,A_k} viene usato per denotare l' insieme di tuttii nomi di attributo della relazione R

10

Il modello relazionale

Esempio

• Info_Città

Città	Regione	Popolazione		
Roma	Lazio	3000000		
Milano	Lombardia	1500000		
Genova	Liguria	800000		
Pisa	Toscana	150000		

Schema: Info_Città(Città,Regione,Popolazione)

1

Modello relazionale

- In questa definizione del modello relazionale, le componenti delle tuple sono denotate tramite i nomi di attributi (<u>notazione</u> <u>per nome</u> in contrasto con la <u>notazione per posizione</u>)
- dato uno schema di relazione R(A₁, A₂,....,A_k), una tupla t su tale schema può essere rappresentata tramite la notazione

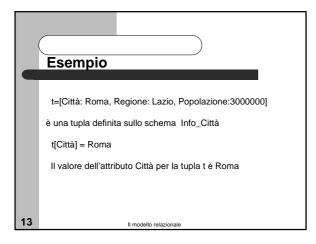
$$[A_1:V_1, A_2:V_2,....,A_k:V_k]$$

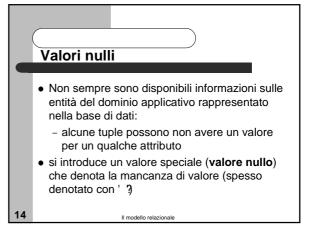
dove v_i (i=1,...,k) è un valore appartenente al dominio di A_i (indicato con dom (A_i))

inoltre t[A_i] denota il valore dell' attributo Adella tupla t

12

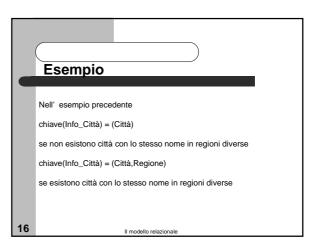
I modello relazionale





Data una relazione, la **chiave** della relazione è un insieme di attributi che distingue tra loro le tuple della relazione più precisamente, un insieme X di attributi di una relazione R, è *chiave* di R se verifica entrambe le seguenti proprietà: qualsiasi sia lo stato di R, non esistono due tuple distinte di R che abbiano lo stesso valore per tutti gli attributi in X nessun sottoinsieme proprio di X verifica la

proprietà (1)



Una chiave non può avere valori nulli una relazione può avere più di un insieme X che verifica le proprietà viste in alcuni casi, può essere necessario scegliere una chiave se il sistema usato non supporta più chiavi in tal caso, il termine chiavi candidate viene usato per indicare le possibili chiavi il termine chiave primaria viene usato per indicare la chiave selezionata

Chiavi candidate Un criterio nella scelta della chiave primaria consiste nello scegliere tra le chiavi candidate quella più frequentemente usata nelle interrogazioni un altro criterio è scegliere la chiave che contiene il minor numero di attributi

Il concetto di chiave esterna

- Date due relazioni R ed R' tali che:
 - R abbia un insieme di attributi X
 - R' abbia come chiave un insieme Y di attributi
- Y è chiave esterna di R su R' se Ye un sottoinsieme di X
- in altre parole, se una relazione R ha tra i suoi attributi un insieme di attributi che costituisce la chiave di una relazione R, allora tale insieme di attributi è una chiave esterna di R su R'
- R' è detta relazione riferita

19

Il modello relazionale

Il concetto di chiave esterna

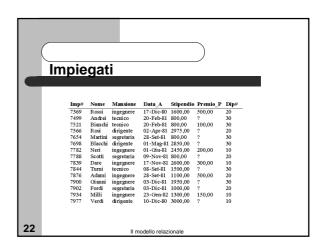
- Le chiavi esterne permettono di collegare tra loro tuple di relazioni diverse e costituiscono un meccanismo, detto per valore, per modellare le associazioni tra entità
- una tupla che deve riferire un' altra tupla include tra i suoi attributi uno o più attributi il cui valore è il valore della chiave della seconda

20 Il modello relazionale

Esempio

- Definiamo due relazioni che contengono informazioni riguardanti i dipendenti di un' aziendæd i dipartimenti in cui l'aziendaè organizzata
- Le relazioni sono definite come segue:
 - Impiegati (Imp#, Nome, Mansione, Data_A,Stipendio, Premio_P,Dip#)
 - chiave(Impiegati) = Imp#
 - chiave_esterna(Impiegati) = Dip#
 - (relazione riferita: Dipartimenti)
 - Dipartimenti(Dip#, Nome_Dip,Ufficio#, Divisione#, Dirigente) chiave(Dipartimenti) = Dip#

Il modello relazio

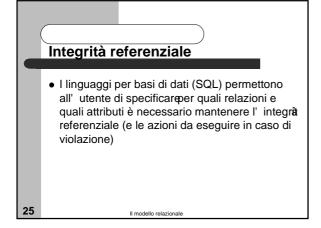


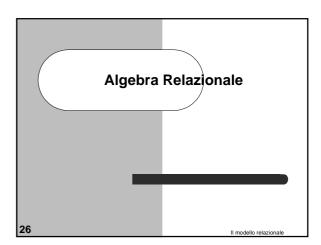
Dipartimenti Edilizia Civile Ricerche 23

Integrità referenziale L' integràt referenziale rappresenta un importante vincolo di integrità semantica

- se una tupla t riferisce come valori di una chiave esterna i valori $v_1,....,v_n$ 'allora deve esistere nella relazione riferita una tupla t' con valori di chiave $v_1,.....,v_n$
- le relazioni Impiegati e Dipartimenti verificano l' integrà referenziale
- si consideri la seguente tupla e si assuma che sia inserita nella relazione Impiegati:
- [Imp#: 7899, Nome: Smith, Mansione: tecnico, Data_A:03-Dic-81, Stipendio:2000, Premio_P: 100, Dip#: 50]
- tale tupla viola l' integrà referenziale in quanto non esiste un dipartimento (nella relazione Dipartimenti) che abbia numero 50

24 Il modello relazionale





Operazioni nel Modello Relazionale

- Le operazioni sulle relazioni possono essere espresse in due formalismi di base:
 - Algebra relazionale: le interrogazioni (query) sono espresse applicando operatori specializzati alle relazioni
 - Calcolo relazionale: le interrogazioni (query) sono espresse per mezzo di formule logiche che devono essere verificate dalle tuple ottenute come risposta all' interrogazione
 - i due formalismi (sotto opportune ipotesi) sono equivalenti

27

modello relaziona

Algebra Relazionale

- Esistono cinque operazioni di base:
 - Unione
 - Differenza
 - Prodotto cartesiano
 - Proiezione
 - Selezione
- queste operazioni definiscono completamente l'algebra relazionale

28

Il modello relazionale

Algebra Relazionale

- Ogni operazione restituisce come risultato una relazione: è pertanto possibile applicare una operazione al risultato di un' altra operazione (proprietà di chiusura)
- esistono operazioni addizionali, che possono essere espresse in termini delle cinque operazioni di base

29

Il modello relaziona

Algebra Relazionale

- Tali operazioni non aggiungono potere espressivo all' insieme delle operazioni di base, ma sono utili come abbreviazioni; di queste la più importante è l' operazione djoin
- rispetto alla notazione per nome del modello relazionale, può essere utile introdurre una ulteriore operazione di renaming che permette di modificare i nomi degli attributi

30

I modello relazionale

Algebra Relazionale - Unione • L'unione di due relazioni R, S, indicata con

 $R \cup S$

è l'insieme delle tuple in R, S o in entrambe

- l'unione di due relazione può essere fatta solo se hanno lo stesso grado; inoltre il primo attributo di R deve avere dominio compatibile con il primo attributo di S, il secondo attributo di R deve avere dominio compatibile con il secondo attributo di S, e così via
- le tuple duplicate vengono eliminate

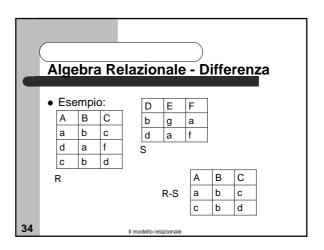
31

• il grado della relazione risultato è uguale al grado delle relazioni operandi

	Alge	ebra	a Re	elazionale -	Unio	ne	
	Esem	npio:		D E F	1		
	Α	В	С	b g a			
	а	b	С	d a f			
	d	а	f	S			
	С	b	d	A	В	С	
	R			а	b	С	
				R∪S d	а	f	
				С	b	d	
32				ll modello relazionale	g	а	

Algebra Relazionale - Differenza

- La differenza di due relazioni R ed S, indicata con R-S è l'insieme delle tuple che sono in R ma non in S
- la differenza (come l'unione) può essere eseguita solo se le relazioni hanno lo stesso grado e gli attributi hanno domini compatibili
- il grado della relazione risultato è uguale al grado delle relazioni operandi



Algebra Relazionale – Prodotto Cartesiano

• Il prodotto cartesiano di due relazioni R ed S, di grado k₁, k₂, indicato con:

RXS

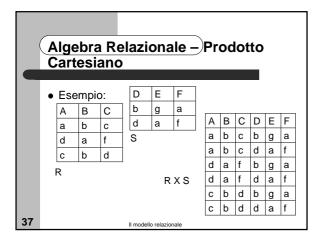
è una relazione di grado k₁+k₂ le cui tuple sono tutte le tuple che hanno:

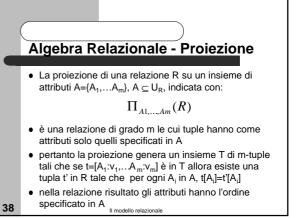
- come prime k₁ componenti le tuple di R
- come seconde k2 componenti le tuple di S

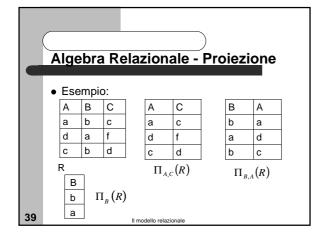
35

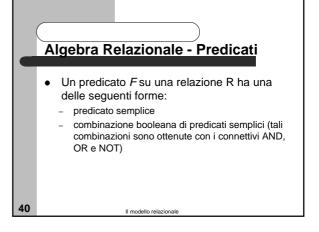
Algebra Relazionale – Prodotto Cartesiano

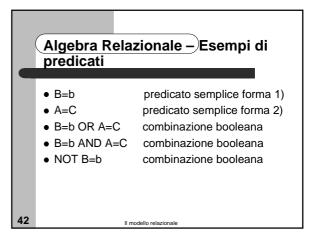
- Nella relazione risultato i nomi dei primi k₁ attributi sono i nomi degli attributi della relazione R e i nomi degli ultimi k₂ attributi sono i nomi degli attributi della relazione S
- se le due relazioni hanno attributi con lo stesso nome, è necessario ridenominare gli attributi in una delle due relazioni











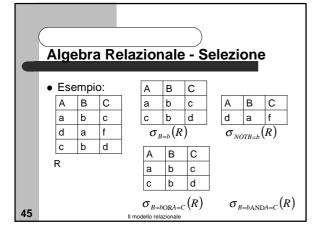
Algebra Relazionale - Selezione

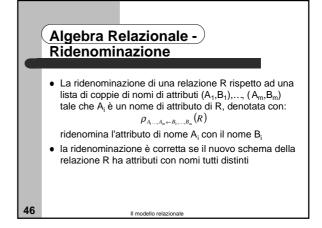
è una relazione che contiene tutte e sole le tuple che verificano il predicato ${\cal F}$

- il grado della relazione risultato è uguale al grado della relazione operando; i nomi degli attributi della relazione risultato sono gli stessi della relazione operando
- se nessuna tupla di R verifica il predicato F, allora il risultato è una relazione vuota

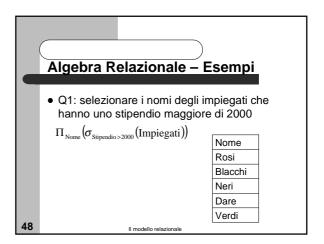
43 II modello relazionale

Algebra Relazionale - Selezione	
 Se k è il grado di R, la selezione genera un insieme T di k-tuple sia t=[A₁:v₁,A_k:v_k] una k-tupla in T t è tale che: 	
$F(A_1/t[A_1],,A_k/t[A_k])$ è vera, dove la notazione $A_i/t[A_i]$ indica la sostituzione in F del nome di attributo A_i (se tale nome compare in F) con il valore $t[A_i]$ dell'attributo di nome A_i in t	





Algebra Relazionale - Ridenominazione • Esempio: La ridenominazione: $\rho_{A,B,C\leftarrow AA,BB,CC}(R)$ cambia lo schema R(A,B,C) in R(AA,BB,CC)



Algebra Relazionale - Esempi

 Q2: selezionare i nomi ed i numeri di dipartimento degli impiegati che hanno uno stipendio maggiore di 2000 e hanno mansione di ingegnere

 $\Pi_{\text{Nome, Dip\#}} \left(\sigma_{\text{Stipendio} > 2000 \text{ AND Mansione} = \text{'ingegnere'}} \left(\text{Impiegati} \right) \right)$

Nome	Dip#		
Neri	10		
Dare	10		

9 II modello relazionale

Algebra relazionale - Operazioni di base

- Sia R = (A₁, ..., A_k) uno schema di relazione
- \bullet indichiamo con $\mathfrak{R}(\mathsf{R})$ l' insieme di tutte le relazioni su tale schema

•
$$_ \cup _ : \Re(R) \times \Re(R) \rightarrow \Re(R)$$

 $r1 \cup r2 = \{t \mid t \in r1 \lor t \in r2\}$

$$\begin{array}{ccc} \bullet & & _ \setminus _ : \ \mathfrak{R}(R) \times \mathfrak{R}(R) \to \mathfrak{R}(R) \\ & & r1 \setminus r2 = \{t \mid t \in r1, t \not \in r2\} \end{array}$$

II modello relaziona

50

Algebra relazionale - Operazioni di base

• $_{-\times_{-}}: \Re(R1) \times \Re(R2) \rightarrow \Re(R1 \cup R2)$ $\operatorname{con} R1 \cap R2 = \varnothing$

 $r1 \times r2 = \{t1 \cdot t2 \mid t1 \in r1, t2 \in r2\}$

 $\bullet \qquad \pi_{R'\ _}:\ \mathfrak{R}(R) \to \mathfrak{R}(R') \quad \text{con} \quad R' \subseteq R$ $\pi_{R}(r) = \{t[R'] \mid t \in r\}$

 $\begin{aligned} \bullet & & \sigma_{F-} \colon \: \Re(R) \: \to \Re(R) \\ & & \sigma_{F}(r) = \{t \mid t \in r, F(t)\} \end{aligned}$

51

Algebra Relazionale - Join

• Il join di due relazioni R ed S sugli attributi A di R ed A' di S, indicato con

$$R \rhd \triangleleft_{A\theta A'} S$$

è definito come $\sigma_{A\theta A'}(R \times S)$

- il join è quindi un prodotto cartesiano seguito da una selezione
- il predicato AθA' è detto predicato di join

II mo

Algebra Relazionale - Join

- Il grado della relazione risultato è uguale alla somma dei gradi delle relazioni operandi
- spesso il join è indicato con le seguenti notazioni: R.ΑθS.Α' oppure R[ΑθΑ']S
- il join prende il nome di equijoin quando l'operatore θ nel predicato di join è l'operatore di uguaglianza

53 II modello relaziona

Algebra Relazionale - Join • Esempio: D E A B C 3 1 A B C D E 1 2 3 6 2 1 2 3 3 1 4 5 6 1 2 3 6 2 7 8 9 A B C D E 4 5 6 6 2 1 2 3 3 1 $R \triangleright \triangleleft_{B < D} S$

Algebra Relazionale – Join naturale

- L'operazione di join naturale è una 'semplificazione' del ioin
- si consideri l'interrogazione "ritrovare tutti gli impiegati e gli uffici dove lavorano". Se usiamo il join, tale interrogazione è espressa come:
- ∏_{Nome, Ufficio} (Impiegato ⊳ ¬Impiegato. Dip#=Dipartimento. Dip# Dipartimento
- notare che questo join impone l'uguaglianza degli attributi che appaiono in entrambe le relazioni

55

Il modello relazionale

Algebra Relazionale – Join naturale

- E' un tipo di join molto frequente
- l'operazione di join naturale indica un tipo di join basato sull'eguaglianza degli attributi comuni a due relazioni
- ha senso solo nella notazione con nome, a differenza delle altre operazioni

56 II mode

Algebra Relazionale – Join naturale

- R, S relazioni, {A₁,..., A_k}=U_R∩U_S insieme degli attributi presenti sia nello schema di S che nello schema di R, {I₁,...,I_m}= U_R∪U_S insieme degli attributi nello schema di R o nello schema di S
- l'espressione che definisce il join naturale è $\Pi_{\text{II},\dots,\text{Im}} \Big(\sigma_{c} \Big(R \times \Big(\rho_{\text{AI},\dots,\text{Ak} \leftarrow \text{S.AI},\dots,\text{S.Ak}} \big(S \Big) \Big) \Big) \Big)$

57

59

modello relazional

<u>Algebra Relazionale – Join naturale</u>

• Nella formula precedente c indica la formula

A1=S.A1 AND A2=S.A2 AND ... AND Ak=S.Ak

- il join naturale esegue pertanto un join uguagliando gli attributi con lo stesso nome delle due relazioni e poi elimina gli attributi duplicati
- il join naturale si indica con $R \rhd \lhd S$

58

Algebra Relazionale – Join naturale • Esempio: С D В С В С D a b С d b С b d С а b С е d b С b С е d b С d b b d b а d b С е d b а $R \rhd \lhd S$

Il modello relazionale

<u> Algebra relazionale - Divisione</u>

- si supponga che gli impiegati della base di dati di esempio siano assegnati a dei corsi di aggiornamento; ogni impiegato in genere partecipa a più corsi e viceversa ogni corso è seguito da più impiegati; vengono inoltre rappresentate le informazioni relativamente ai corsi
- si supponga, pertanto, che siano definite le seguenti relazioni

Segue (Imp#, Corso#)

Corsi (Corso#, Argomento, Durata)

60 II modello relazio

Algebra relazionale - Divisione • un possibile contenuto delle due relazioni è il sequente: Segue Corsi Imp# Corso# Corso# Argomento Durata 20 7369 20 10 Basi di dati 3 7369 30 30 Basi di dati 2 7782 10 40 Sistemi oper. 7782 40 61 Il modello relazionale

Algebra relazionale - Divisione

- consideriamo la seguente interrogazione: "trovare il numero di impiegato degli impiegati che seguono tutti i corsi il cui argomento è basi di dati"
- il numero di corso dei corsi il cui argomento è basi di dati è ottenuto come segue:

$$R1 = \Pi_{Corso\#}(\sigma_{Argomento\,=\,^{'}\,\,Basi\,\,di\,\,dati}(Corsi))$$

il risultato dell' espressione R1 è il seguente insieme di numeri di corso {10,30}

62 Il modello relazionale

Algebra relazionale - Divisione

- il risultato della interrogazione è dato, pertanto, da tutti quegli impiegati che appaiono nella relazione Segue con ognuno dei numeri di corso determinati da R1
- il risultato della nostra interrogazione è pertanto solo l' impiegato il cui numero è 7369
- l' operazione che permette di eseguire l' interrogazione precedente è l' operazione di divisione

II modello rel

Algebra relazionale - Divisione

 Date due relazioni R ed S con insiemi di attributi U_R ed U_S, rispettivamente, e tali che U_R⊃ U_S, l' operazione di divisione di R per S è denotata da

$$R \div S$$

ed è espressa come segue:

$$\Pi_{(UR \; \text{--}\; US)}(R) \; \text{---} \; \; \Pi_{(UR \; \text{--}\; US)}((\Pi_{(UR \; \text{--}\; US)}(R) \; x \; S) \; \text{---} \; R)$$

I' espressione a destra del - determina tutte l

duple di R

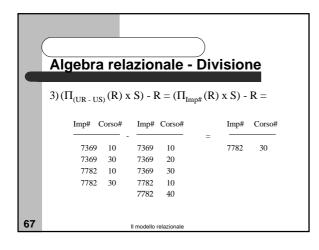
che non sono associate ad almeno una tupla di S

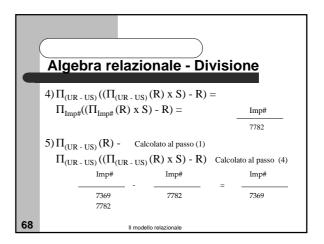
64 II modello relazionale

• I' interrogazione dell' esempio precedente è espressa come segue Segue ÷ Π_{Corso#} (σ_{Argomento = ' Basi di dati} (Corsi)) R = Segue S = Π_{Corso#} (σ_{Argomento = ' Basi di dati} (Corsi)) S = {10, 30}

$$\begin{array}{ll} U_R &= \{Imp\#, Corso\#\} \\ U_S &= \{Corso\#\} \end{array}$$

Algebra relazionale - Divisione 1) $\Pi_{(UR - US)}(R) = \Pi_{Imp\#}(R) =$ Imp# 2) $\Pi_{(UR - US)}(R) \times S = \Pi_{Imp\#}(R) \times S =$ Corso# Imp# Imp# Corso# 7782 30 7369 30 7782 10 7782 30 66 Il modello relazionale

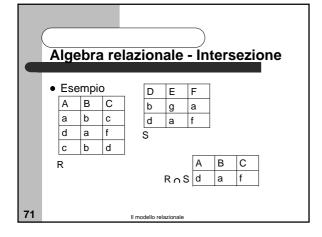


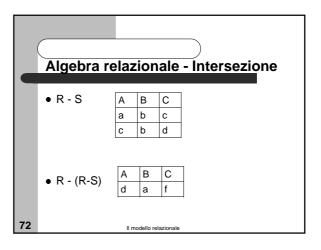


Algebra relazionale - Intersezione

- L'intersezione di due relazioni R, S, indicata con $R {\cap} S$
 - è l'insieme delle tuple contenute in R e in S
- l'intersezione di due relazione può essere fatta solo se hanno lo stesso grado; inoltre il primo attributo di R deve avere dominio compatibile con il primo attributo di S, il secondo attributo di R deve avere dominio compatibile con il secondo attributo di S, e così via
- il grado della relazione risultato è uguale al grado delle relazioni operandi

69 II modello





Algebra relazionale - Operazioni derivate

- Sia R = (A₁, ..., A_k) uno schema di relazione
- indichiamo con $\mathfrak{R}(R)$ l' insieme di tutte le relazioni su tale schema
- $_ \cap _: \Re(R) \times \Re(R) \rightarrow \Re(R)$ $r1 \cap r2 = r1 \setminus (r1 \setminus r2) = \{t \mid t \in r1, t \in r2\}$
- $|x|_F$: $\Re(R1) \times \Re(R2) \rightarrow \Re(R1 \cup R2)$

 $con R1 \cap R2 = \emptyset$

$$\begin{split} r1 \, \left| x \right|_F r2 &= \sigma_F \left(r1 \, \times r2 \right) = \\ \left\{ t1 \cdot t2 \, \middle| \, t1 \in \, r1, \, t2 \in \, r2, \, F(t1,t2) \right\} \end{split}$$

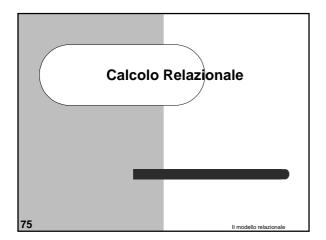
73 Il modello

Algebra relazionale - Operazioni derivate

 $\begin{array}{ccc} \bullet & & _{-}|x|_{-} \colon \ \Re(R1) \times \Re(R2) \to \Re(R1 \cup R2) \\ & & r1 \ |x| \ r2 = \{t \ | \ t[R1] \in r1, \ t[R2] \in r2\} \end{array}$

 $t1[R1\R2] = t, \ t1[R2] = t2$

4 II modello relazionale



Algebra vs. calcolo

- L'algebra relazionale è un linguaggio procedurale: nello specificare un'espressione algebrica, dobbiamo indicare le operazioni necessarie per calcolare il risultato della query, insieme all'ordine in cui queste operazioni devono essere svolte
- nel calcolo relazionale viene data una descrizione formale del risultato, senza specificare come ottenerlo

76 II modello relazional

Calcolo relazionale - Varianti

- Due varianti del calcolo relazionale:
 - Tuple relational calculus (TRC)
 - le variabili rappresentano tuple
 - Domain relational calculus (DRC)
 - le variabili rappresentano valori di domini
- vedremo solo TRC

7 II modelle relezione

Calcolo relazionale

 In TRC una query è un'espressione della forma {t:U|P(t)}

ossia è definita come l'insieme di tutte le tuple definite su un insieme di attributi U tali che il predicato P è vero

- notazione: t.A indica il valore della tupla t per l'attributo A, t∈ R indica che t è nella relazione R
- esempio: determinare tutti gli impiegati il cui stipendio è maggiore di 2000

 $\{t:\ U_{lmpiegati}| t{\in}\ Impiegati{\wedge} t. Stipendio{>}2000\}$

78 II modello relazionale

Calcolo relazionale - Esempi

- Trovare il nome degli impiegati il cui stipendio è maggiore di 2000

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((4))

 ((
 - $\begin{array}{l} \{t: \{Nome\} | \exists s (s \in Impiegati \land s. Stipendio > 2000 \land s. Nome = t. Nome)\} \end{array}$
- t è una variabile che indica tuple appartenenti ad una relazione che ha come schema {Nome}

 la notazione ∃t(Q(t)) indica che esiste una tupla t tale che Q(t) è vera

79

Il modello relazionale

Calcolo relazionale - Esempi

 Trovare i nomi e gli uffici degli impiegati che hanno uno stipendio maggiore di 2000

{t:{Nome,Ufficio}|∃s(s∈Impiegati∧

 $s.Stipendio>2000 \land s.Nome=t.Nome \land \exists u(u \in Dipartimenti \land s.Dip#=u.Dip# \land u.Ufficio=t.Ufficio))}$

80

U II modello relazional

Calcolo relazionale - Esempi

Trovare i nomi degli impiegati che hanno uno stipendio maggiore di 2000 oppure lavorano in un dipartimento della divisione D1
 {t:{Nome}|∃s(s∈ Impiegati ∧ s.Nome=t.Nome ∧ s.Stipendio>2000 ∨ ∃u(u ∈ Dipartimenti∧ s.Dip#=u.Dip#∧u.Divisione="D1")))}

81

83

modello relazionale

Calcolo relazionale - Sintassi

- Atomi gli atomi sono:
 - s∈R (R è un nome di relazione ed s è una variabile)
 - la tupla s appartiene alla relazione R
 - s.Aθu.A' (s ed u sono variabili, θ è un operatore relazionale di confronto, A ed A' sono nomi di attributi)
 - s.A θa (s è una variabile, θ è un operatore relazionale di confronto, A è un nome di attributo, a è una costante)
 - il valore di A nella tupla s è in relazione θ con il valore a

82

Il modello relazionale

Calcolo relazionale - sintassi

- Formule
 - ogni atomo è una formula, tutte le occorrenze delle variabili dell'atomo sono libere
 - se φ1 e φ2 sono formule, allora φ1∧φ2, φ1∨φ2, ¬φ1 sono formule, le occorrenze delle variabili sono libere o legate a seconda di come sono in φ1 e φ2
 - se φ è una formula allora ∃s(φ), ∀s(φ) sono formule tutte le occorrenze di s in φ sono legate al quantificatore ∃ (oppure ∀)
 - se ϕ è una formula allora (ϕ) è una formula

Il modello relazionale

Calcolo relazionale - Sintassi

- Variabili libere e legate
 - data una formula F ed una variabile x, x è libera in F se e solo se x non è quantificata
 - ∀x (quantificazione universale)
 - ∃x (quantificazione esistenziale)

84

II modello relaziona

Calcolo relazionale - Esempi

- ∃s(s∈ Impiegati∧s.Stipendio>2000)
 è una formula legale, tutte le occorrenze di s sono legate
- ∃s(s∈Impiegati∧x.Stipendio>2000∧x.Dip#= y.Dip#)
 - è una formula legale, tutte le occorrenze di s sono legate mente quelle di x e y sono libere

85

Il modello relazionale

Calcolo relazionale - Sintassi

- Espressioni del calcolo
 - Un'espressione (o query) del calcolo su tuple ha la forma

 ${x:U|f(x)}$

dove U è un insieme di attributi, f è una formula legale del calcolo, x è libera in f(x) ed è l'unica variabile libera in f(x)

86

Il modello relazionale

Calcolo relazionale - Esempi

• L'espressione

 $\{y: \{Dip\#\} | \exists x (x \in Impiegati \land x.Stipendio > 2000 \land \\ x.Dip\#=y.Dip\#)\}$

è un'espressione corretta di TRC che è soddisfatta da tutti i numeri dei dipartimenti che hanno almeno un impiegato che guadagna più di 2000

• L'espressione

 $\{y:U_{Implegati}| \forall y (y \in Implegati \land y.Mansione='ingegnere')\}$ non è un'espressione corretta di TRC, in quanto y non è libera

87

Il modello relaziona

Calcolo relazionale – Èsprimere l'algebra con il TRC

 $\bullet \ \ Unione: \quad \ R \cup S \quad \ \ \{t{:}U_R|t \in R {\lor} t{\in}\, S\}$

• Differenza: R-S $\{t: U_R | t \in R \land \neg t \in S\}$

• Prodotto cartesiano:

RxS siano $U_R = \{A_1, \dots, A_n\}$ e $U_S = \{A'_1, \dots, A'_m\}$ gli insiemi degli attributi di R ed S

 $\{t: U_R \cup U_S \mid \exists x (\exists y (x \in R \land y \in S \land$

 $x.A_1=t.A_1 \wedge ... \wedge x.A_n=t.A_n \wedge y.A'_1=t.A'_1 \wedge ... \wedge y.A'_m=t.A'_m))$

88 II modello relazionale

Calcolo relazionale – Èsprimere l'algebra con il TRC

• Proiezione: Π_{A₁,...A_k (R)}

 $\{t:\{A_{\scriptscriptstyle 1},\ldots,A_{\scriptscriptstyle k}\}|\exists x(x\!\in R\!\wedge\! x.A_{\scriptscriptstyle 1}\!\!=\!t.A_{\scriptscriptstyle 1}\!\wedge\!\ldots\!\wedge\! x.A_{\scriptscriptstyle k}\!\!=\!t.A_{\scriptscriptstyle k}\}$

Selezione: σ_F(R)

 $\{t:U_R|t\in R \land F'\}$

dove F' è la formula F con ogni attributo A sostituito da t.A

89

Il modello relazionale

Calcolo relazionale – Potere espressivo

- L'algebra relazionale e il calcolo relazionale hanno lo stesso potere espressivo?
- Cioè: tutto le operazioni esprimibili mediante espressioni dell'algebra relazionale possono essere espresse mediante espressioni del calcolo relazionale e viceversa?

90

Il modello relazionale

Calcolo relazionale – Potere espressivo

- La semantica di un'interrogazione (in algebra o in calcolo) è una funzione che trasforma una base di dati relazionale (insieme di relazioni) in una nuova base di dati relazionale
- algebra e calcolo hanno lo stesso potere espressivo se per ogni interrogazione Q1 in uno dei due formalismi esiste un'interrogazione Q2 nell'altro la cui semantica è la stessa funzione

91

Il modello relazionale

Calcolo relazionale – Potere espressivo

- Non tutte le espressioni del calcolo possono essere tradotte in equivalenti espressioni dell'algebra
- esempio: l'espressione

 $\{t: U_R | \neg t \in R\}$

- sebbene sintatticamente corretta, se almeno uno dei domini degli attributi di R è un insieme infinito, questa espressione è soddisfatta da un numero infinito di tuple
- il risultato non sarebbe una relazione!

92

Il modello relazionale

Calcolo relazionale – Potere espressivo

- Nozione di formula indipendente dal dominio
- una formula è indipendente dal dominio se la sua valutazione genera sempre lo stesso risultato anche supponendo di estendere i domini associati agli attributi presenti nella base di dati con nuovi valori, non presenti nella base di dati di partenza
- si introduce una condizione sintattica (safety) per garantire questa proprietà (non la vediamo)
- Idea: mi restringo ad interrogazioni il cui risultato dipende solo da valori contenuti nella base di dati di partenza

93

Il modello relazionale

Calcolo relazionale - Potere espressivo

- la nozione di indipendenza dal dominio è però indecidibile
- Si introduce quindi una condizione sintattica (safety) sufficiente a garantire l'indipendenza dal dominio
- non vediamo questa condizione

94

Il modello relazionale

Calcolo relazionale – Potere espressivo

L'espressione

 $\{t: U_R | \neg t \in R\}$

non è safe

- il calcolo relazionale safe e l'algebra relazionale hanno lo stesso potere espressivo
- la traduzione da un formalismo all'altro può essere effettuata in tempo polinomiale nella dimensione dell'espressione

95

Il modello relazionale

Perché due linguaggi?

- Algebra relazionale
 - linguaggio procedurale
 - utile per il sistema
- Calcolo relazionale
 - linguaggio dichiarativoutile per l'utente
- i linguaggi di interrogazione nei sistemi reali si basano sul calcolo
 l'algebra relazionale viene utilizzata come linguaggio interno
- l'interrogazione utente viene compilata in un'espressione dell'algebra relazionale
 - relazionale

 il sistema utilizza le proprietà dell'algebra per stabilire quale espressione permette di risolvere l'interrogazione iniziale nel modo

96

più efficiente Il modello relazion

Esempio • Determinare i nomi degli impiegati che lavorano nella divisione D1 • Calcolo ⟨t:{Nome}|∃s(s∈ Impiegati ∧ s.Nome=t.Nome ∧ ∃u(u ∈ Dipartimenti ∧ s.Dip#=u.Dip#∧u.Divisione="D1")))} • Algebra (a) Π_{Nome}(σ_{Divisione=D1}(Impiegati ⊳⊲ Dipartimenti))

Esempio (continua) • Poiché l'attributo Divisione ∈ U_{Dipartimenti}, è possibile anticipare la selezione (b) Π_{Nome} (Impiegati ⊳ ⊲ σ_{Divisione=D1} (Dipartimenti)) • Supponiamo che: - Impiegati contenga n₁ tuple - Dipartimenti contenga n₂ tuple (ragionevolmente n₂ <= n₁) - i dipartimenti della divisione D1 sono n₃ (n₃ <= n₂) • Costi - (a): join:n₁n₂,selezione: n₁, proiezione: n₁, totale: n₁n₂ +2n₁ - (b): selezione: n₂, join: n₁n₃, proiezione: n₁, totale: n₁n₃ +n₁+n2 • Costo(a) < Costo(b) - il sistema sceglie l'espressione (b)