

# Relacioni model podataka

Motivacija, koncepcija, strukturalna, operacijska i integritetna komponenta

Baze podataka 1

1

## Sadržaj

- Model podataka
- Mrežni i hijerarhijski modeli podataka
- Relacioni model podataka
- 12 principa relacionog modela podataka
- Strukturalna komponenta I
- Operacijska komponenta
- Operacijska komponenta – zadaci za vežbu
- Strukturalna komponenta II
- Integritetna komponenta
- Integritetna komponenta – zadaci za vežbu
- Osnovne projektantske pretpostavke

2

2

## Model podataka

3

### Model podataka

- Strukturalna komponenta
  - primitivni i složeni koncepti
    - “gradivni” elementi modela podataka
  - pravila za kreiranje složenih koncepata
  - služi za modeliranje LSO, kao statičke strukture sistema – šeme BP
- Operacijska komponenta
  - upitni jezik (QL)
  - jezik za manipulisanje podacima (DML)
  - jezik za definiciju podataka (DDL)
  - služi za modeliranje dinamike izmene stanja

4

4

## Model podataka

- Integritetna komponenta
  - skup tipova ograničenja (uslova integriteta)
  - služi za modelovanje ograničenja nad podacima u BP
- Nivoi apstrakcije
  - određeni modelom podataka
  - nivo intenzije (konteksta)
    - nivo tipa
      - opisuje npr. nivo logičke strukture obeležja - šeme
  - nivo ekstenzije (konkretizacije)
    - nivo pojave tipa
      - opisuje npr. nivo logičke strukture podataka

5

5

## Mrežni i hijerarhijski modeli podataka

6

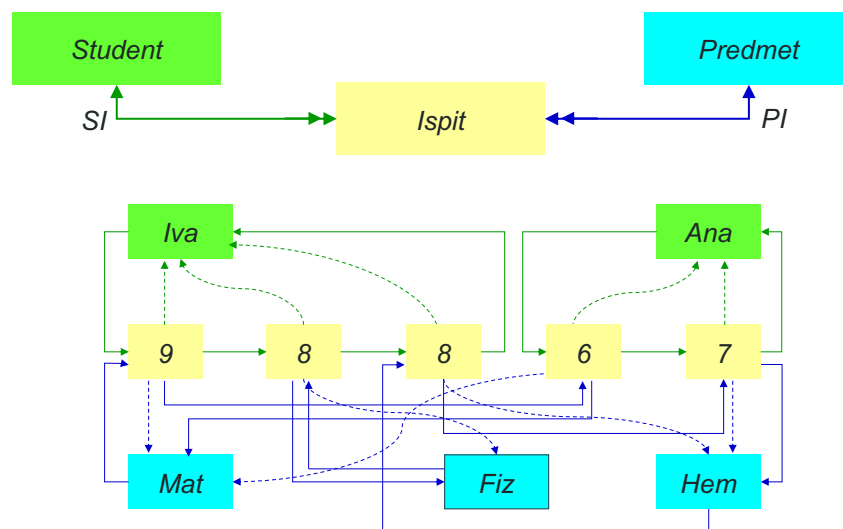
## Mrežni i hijerarhijski model

- U korišćenju 1970-ih godina
- Nedostaci
  - čvrsta povezanost programa i fizičke strukture podataka
  - strukturalna kompleksnost
  - proceduralno orijentisani jezici za manipulaciju podacima
  - "ad hoc" razvijeni modeli
    - bez značajnije upotrebe matematičkih formalizama

7

7

## Mrežni i hijerarhijski model



8

8

## Relacioni model podataka

9

### Relacioni model podataka

- U razvoju od 1970-ih godina
  - Codd, E. F. (1970). "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks", *Communications of the ACM* 13(6): 377-387.
  - Komercijalna upotreba od 1990-ih
- Motiv razvoja
  - otklanjanje nedostataka klasičnih modela podataka
    - čvrsta povezanost logičkih i fizičkih aspekata
    - strukturalna kompleksnost
    - navigacioni jezik
  - insistiranje na matematičkim osnovama u razvoju MP
    - matematička osnova RMP
      - teorija skupova i relacija
      - jako oslanjanje na predikatski račun I reda

10

10

## Relacioni model podataka

- Zahtev
  - nezavisnost programa od podataka, tj. fizičke strukture podataka
- Kod ranijih MP
  - fizički aspekti BP ugrađeni u programe
    - raspodela slogova po zonama
    - fizički redosled  $\Rightarrow$  logičko grupisanje slogova
    - transformacija vrednosti ključa u adresu
    - lanci slogova sa pokazivačima
    - hijerarhijski redosled slogova
    - postupci zaštite podataka

11

11

## Relacioni model podataka

- **Nezavisnost programa od podataka** - rešenje
  - potpuno odvajanje prezentacionog od formata memorisanja
  - relacija kao skup n-torki (torki)
  - apstraktni opis relacije: šema relacije
    - $R$  - skup obeležja
    - $C$  - skup ograničenja, pri čemu je
      - $K \subseteq C$  – obavezno zadat skup ključeva, koji je neprazan
    - često, u početnim fazama projektovanja, šema relacije se posmatra kao struktura

$$N(R, C)$$

$$N(R, K)$$

12

12

## Relacioni model podataka

- Primer
  - Fakultet ( $\{SFK, NAZ, BIP\}, \{SFK\}$ )
  - $r(\text{Fakultet}) = \{$ 
    - $(PMF, \text{Matematički}, 7),$
    - $(EKF, \text{Ekonomski}, 4),$
    - $(ETF, \text{Elektrotehnički}, 9),$
    - $(MAF, \text{Mašinski}, 7)$ $\}$
  - Upis nove torke
    - $(EKF, \text{Elektronski}, 8)$
  - narušio bi ograničenje ključa (uslov integriteta)

13

13

## Relacioni model podataka

- **Strukturalna jednostavnost**
  - koncept relacije
    - osnova reprezentacije logičkih struktura podataka u RMP
      - ne sadrži nikakve informacije o fizičkoj organizaciji podataka
      - "prirodna" upotreba jednog od fundamentalnih matematičkih koncepata
    - relacija – "homogena" i "uniformna" struktura
      - lako razumljiva korisnicima podataka
      - uobičajena je tabelarna reprezentacija
        - šema relacije  $\Rightarrow$  opis tabele (definicija tabele)
        - relacija  $\Rightarrow$  kompletan sadržaj tabele (tabela)

14

14

## Relacioni model podataka

- **Strukturalna jednostavnost**

- selekcija podataka u operacijama nad BP
  - kod ranijih MP
    - upotreba fizičkih (relativnih ili apsolutnih) adresa
      - pozicioniranje upotrebom indikatora aktuelnosti ili
      - pozicioniranje putem odnosa između podataka
  - kod relacionog MP
    - asocijativno adresiranje
      - isključiva upotreba simboličkih adresa – vrlo često vrednosti ključa
      - svaki podatak u BP pronalazi se na osnovu naziva relacije, zadatih obeležja i vrednosti ključa
      - skup n-torki (torki) sa zajedničkom osobinom selektira se na uniforman način – zadavanjem istog logičkog uslova
      - SUBP vodi računa o transformaciji simboličke u relativnu adresu

15

15

## Relacioni model podataka

- Primer

### Fakultet

SFK	NAZ	BIP
FIL	Filozofski	1
PMF	Matematički	7
ETF	Elektrotehnički	9
EKF	Ekonomski	4
MAF	Mašinski	7

### Projektant

MBR	IME	PRZ	SFK
M3	Iva	Ban	PMF
M1	Ana	Tot	MAF
M4	Ana	Ras	FIL
M8	Aca	Pap	ETF
M6	Iva	Ban	EKF
M5	Eva	Tot	ETF

16

16

## Relacioni model podataka

- **Strukturalna jednostavnost**

- povezivanje podataka
  - kod ranijih MP
    - upotreba fizičkih (relativnih ili apsolutnih) adresa u funkciji pokazivača
    - fizičko pozicioniranje logički susednih podataka
      - o čemu je svaki transakcioni program morao voditi računa
  - kod relacionog MP
    - upotreba simboličkih adresa – prenetih vrednosti ključa
    - rešenje putem prostiranja ključa
      - uvođenje pojma stranog ključa i ograničenja referencijalnog integriteta
    - rešenje putem kreiranja posebne tabele sa prostiranjem ključeva
      - u oba slučaja, transakcioni program ne vodi računa o pretvaranju simboličke u relativnu adresu

17

17

## Relacioni model podataka

- **Deklarativni jezik**

- temelji se na primenjenim tehnikama povezivanja podataka sa prostiranjem ključa
- dva alata za upitni jezik
  - relaciona algebra
    - definisana na osnovama teorije skupova i skupovnih operacija
      - skupovni operatori: unija, presek, razlika
      - specijalizovani skupovni operatori: spoj (join), projekcija, selekcija, itd.
  - relacioni račun
    - relacioni račun nad torkama
    - relacioni račun nad domenima
      - definisani na osnovama predikatskog računa I reda

18

18

## Relacioni model podataka

- **SQL - Structured Query Language**
  - zasnovan na relacionom računu nad torkama
  - deklarativan
  - rad sa skupovima podataka (torki)
  - osnovni oblik naredbe za upite SQL-a je

```
SELECT      <lista obeležja>
FROM <lista relacija>
WHERE      <logički izraz>
```

19

19

## Relacioni model podataka

- Primer
  - **SELECT** IME, PRZ, BIP
  - **FROM** Fakultet, Projektant
  - **WHERE** BIP > 5 **AND**  
Fakultet.SFK = Projektant.SFK

IME	PRZ	BIP
Iva	Ban	7
Ana	Tot	7
Aca	Pap	9
Eva	Tot	9

20

20

## Relacioni model podataka

- Primer
  - **SELECT** IME, PRZ, BIP
  - FROM** Fakultet NATURAL JOIN Projektant
  - WHERE** BIP > 5

<b>IME</b>	<b>PRZ</b>	<b>BIP</b>
Iva	Ban	7
Ana	Tot	7
Aca	Pap	9
Eva	Tot	9

21

21

## 12 principa relacionog modela podataka

22

## 12 principa RMP

- Codd, E. F. (1990).
  - "The Relational Model for Data Base Management: Version 2", Addison Wesley.
  - **Rule 0:** The system must qualify as relational, as a database, and as a management system
    - For a system to qualify as a relational database management system (**RDBMS**), that system must use its relational facilities (exclusively) to manage the database.
  - **Rule 1:** The *information rule*
    - **All information in the database is to be represented in one and only one way**, namely by values in column positions within rows of tables.

23

23

## 12 principa RMP

- **Rule 2:** The *guaranteed access rule*
  - All data must be accessible with no ambiguity. This rule is essentially a restatement of the fundamental requirement for primary keys. It says that every individual scalar value in the database must be logically addressable by specifying the name of the containing table, the name of the containing column and the primary key value of the containing row.
- **Rule 3:** *Systematic treatment of null values*
  - **The DBMS must allow each field to remain null (or empty).** Specifically, it must support a representation of "missing information and inapplicable information" that is systematic, distinct from all regular values (for example, "distinct from zero or any other number", in the case of numeric values), and independent of data type. It is also implied that such representations must be manipulated by the DBMS in a systematic way.

24

24

## 12 principa RMP

- **Rule 4:** Active online catalog based on the relational model
  - The system must support an online, inline, relational catalog that is accessible to authorized users by means of their regular query language. That is, **users must be able to access the database's structure (catalog) using the same query language that they use to access the database's data.**

25

25

## 12 principa RMP

- **Rule 5:** The *comprehensive data sublanguage rule*
  - **The system must support at least one relational language that**
    - Has a linear syntax (whose statements are expressible, per some well-defined syntax, as character strings)
    - Can be used both interactively and within application programs,
    - Supports data definition operations (including view definitions), data manipulation operations (update as well as retrieval), security and integrity constraints, and transaction management operations (begin, commit, and rollback).
- **Rule 6:** The *view updating rule*
  - **All views that are theoretically updatable must be updatable by the system.**

26

26

## 12 principa RMP

- **Rule 7: High-level insert, update, and delete**
  - The system must support set-at-a-time *insert*, *update*, and *delete* operators. This means that data can be retrieved from a relational database in sets constructed of data from multiple rows and/or multiple tables. **This rule states that insert, update, and delete operations should be supported for any retrievable set rather than just for a single row in a single table.**
- **Rule 8: Physical data independence**
  - **Changes to the physical level** (how the data is stored, whether in arrays or linked lists etc.) **must not require a change to an application based on the structure.**

27

27

## 12 principa RMP

- **Rule 9: Logical data independence**
  - **Changes to the logical level** (tables, columns, rows, and so on) **must not require a change to an application based on the structure.** Logical data independence is more difficult to achieve than physical data independence.
- **Rule 10: Integrity independence**
  - **Integrity constraints** must be specified separately from application programs and stored in the **catalog**. It must be possible to change such constraints as and when appropriate without unnecessarily affecting existing applications.

28

28

## 12 principa RMP

- **Rule 11: *Distribution independence***
  - **The distribution of portions of the database to various locations should be invisible to users of the database.**  
Existing applications should continue to operate successfully:
    - when a distributed version of the DBMS is first introduced; and
    - when existing distributed data are redistributed around the system.
- **Rule 12: *The nonsubversion rule***
  - If a relational system has a low-level (single-record-at-a-time) language, that **low level cannot be used to subvert or bypass the integrity rules and constraints expressed in the higher-level relational language** (multiple-records-at-a-time).

29

29

## Strukturalna komponenta I

30

## Strukturalna komponenta I

- Primitivni koncepti u RMP
  - **Obeležje (Atribut)**
    - reprezentuje osobinu (svojstvo) klase entiteta ili poveznika u realnom sistemu (RS)
  - **Domen**
    - specifikacija skupa mogućih vrednosti koje neka obeležja mogu da dobiju

31

31

## Strukturalna komponenta I

- Polazna pretpostavka strukturalne komponente RMP
  - na kojoj se zasnivaju neke tehnike projektovanja relacione šeme BP
  - poznat je skup svih obeležja sistema
    - **univerzalni skup obeležja**
  - poznat je skup svih domena sistema
    - **univerzalni skup domena**

$$U = \{A_1, \dots, A_n\}$$

$$D = \{D_1, \dots, D_k\}$$

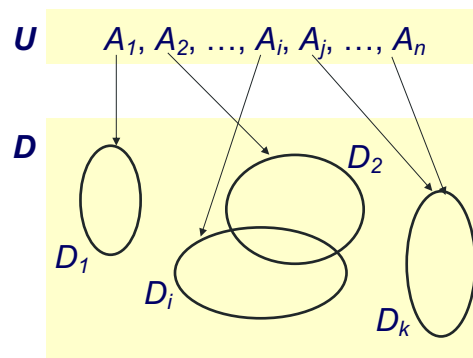
32

32

## Strukturalna komponenta I

- Pravilo pridruživanja domena obeležjima
  - svakom obeležju obavezno se pridružuje tačno jedan domen

$$Dom: \mathbf{U} \rightarrow \mathbf{D}, (\forall A_i \in \mathbf{U})(Dom(A_i) \in \mathbf{D})$$



33

33

## Strukturalna komponenta I

- Primer

$$\mathbf{U} = \{MBR, IME, POL, SPR, NAP\}$$

- opis semantike uvedenih obeležja
  - *MBR* - matični broj radnika
  - *IME* - ime radnika
  - *POL* - pol
  - *SPR* - šifra projekta
  - *NAP* - naziv projekta

34

34

## Strukturalna komponenta I

- Primer

$$U = \{MBR, IME, POL, SPR, NAP\}$$

$$D = \{DIDS, DIME, DPOL, DNAP\}$$

- opis semantike uvedenih domena
  - *DIDS* – domen za identifikacione brojeve  $\{1, 2, \dots, 100000\}$
  - *DIME* – domen za imena radnika  $\{Ana, Aca, Iva, \dots\}$
  - *DPOL* – domen za pol osobe  $\{m, ž\}$
  - *DNAP* – domena za nazive projekata  $\{\text{stringovi do dužine } 30\}$

35

35

## Strukturalna komponenta I

- Primer

$$U = \{MBR, IME, POL, SPR, NAP\}$$

$$D = \{DIDS, DIME, DPOL, DNAP\}$$

- pridruživanje domena obeležjima
  - $Dom(MBR) = DIDS, \quad dom(MBR) = \{1, 2, \dots, 100000\}$
  - $Dom(IME) = DIME, \quad dom(IME) = \{Ana, Aca, Iva, \dots\}$
  - $Dom(POL) = DPOL, \quad dom(POL) = \{m, ž\}$
  - $Dom(SPR) = DIDS, \quad dom(SPR) = \{1, 2, \dots, 100000\}$
  - $Dom(NAP) = DNAP, \quad dom(NAP) = \{\text{stringovi do dužine } 30\}$

36

36

## Strukturalna komponenta I

- Konvencije u označavanju
  - skup obeležja  $X = \{A, B, C\}$  skraćeno se zapisuje u formi
    - $X = ABC$ , ili
    - $X = A+B+C$ 
      - obavezno u slučaju višeslovnih mnemoničkih oznaka obeležja
  - izraz  $X \cup Y$ , gde su  $X$  i  $Y$  skupovi obeležja, skraćeno se zapisuje kao  $XY$

37

37

## Strukturalna komponenta I

- **Primitivni koncepti nivoa intenzije**
  - domen
  - obeležje
- **Primitivni koncept nivoa ekstenzije**
  - vrednost
- kreiranje svih ostalih (složenih) koncepata strukturalne komponente RMP
  - kombinovanjem (strukturiranjem) primitivnih koncepata
  - korišćenjem definisanih pravila u RMP

38

38

## Strukturalna komponenta I

- Skup primitivnih i složenih koncepata RMP
  - za opis LSO (nivo intenzije) i LSP (nivo ekstenzije)

Nivo intenzije	Nivo ekstenzije
Domen	Vrednost
Obeležje	Podatak
Skup obeležja	Torka (n-torka)
Šema relacije	Relacija
Šema BP	Baza podataka

39

39

## Strukturalna komponenta I

- **Torka**
  - reprezentuje jednu pojavu entiteta ili poveznika
  - pomoću torke se svakom obeležju, iz nekog skupa obeležja, dodeljuje konkretna vrednost
    - iz skupa mogućih vrednosti definisanog domenom
  - formalno, za:
    - $U = \{A_1, \dots, A_n\}$
    - $DOM = \cup_{i=1}^n (dom(A_i))$ 
      - skup svih mogućih vrednosti
    - torka predstavlja preslikavanje

$$t : U \rightarrow DOM,$$

$$(\forall A_i \in U)(t(A_i) \in dom(A_i))$$

40

40

## Strukturalna komponenta I

- Primer
  - $U = \{MBR, IME, POL, SPR, NAP\}$
  - Torka  $t_1$  definisana je na sledeći način
    - $t_1(MBR) = 101$
    - $t_1(IME) = Ana$
    - $t_1(SPR) = 1100$
    - $t_1(POL) = ž$
    - $t_1(NAP) = Univerzitetski IS$

41

41

## Strukturalna komponenta I

- Primer
  - Torka  $t_1$  može se prikazati kao skup podataka
 
$$t_1 = \{(MBR, 101), (IME, Ana), (POL, ž), (SPR, 1100), (NAP, Univerzitetski IS)\}$$
  - Zadana je i torka  $t_2$ 

$$t_2 = \{(MBR, 210), (IME, Aca), (POL, m), (SPR, 0105), (NAP, Polaris)\}$$

42

42

## Strukturalna komponenta I

- **Restrikcija ("skraćenje") torke  $t$**

- na skup obeležja  $X \subseteq U$
- oznaka:  $t[X]$
- svakom obeležju iz skupa  $X$  pridružuje se ona vrednost koju je imala polazna torka  $t$
- formalno
  - $X \subseteq U, t: U \rightarrow DOM,$
  - $t[X]: X \rightarrow DOM$

$$(\forall A \in X)(t[X](A) = t(A))$$

43

43

## Strukturalna komponenta I

- Primer

- $t_2 = \{(MBR, 210), (IME, Aca), (POL, m), (SPR, 0105), (NAP, Polaris)\}$
- Neka je  $X = MBR+IME$
- $t_2[X] = \{(MBR, 210), (IME, Aca)\}$

44

44

## Strukturalna komponenta I

- **Relacija**

- nad skupom obeležja  $\mathbf{U}$
- predstavlja konačan skup torki
- reprezentuje skup realnih entiteta ili poveznika
- formalno

$$r(\mathbf{U}) \subseteq \{t \mid t: \mathbf{U} \rightarrow \text{DOM}\}, \quad |r| \in \mathbb{N}_0$$



Skup svih mogućih torki nad skupom obeležja  $\mathbf{U}$  -  $\text{Tuple}(\mathbf{U})$

45

45

## Strukturalna komponenta I

- Primer

- $\mathbf{U} = \{MBR, IME, POL, SPR, NAP\}$
- $r_1(\mathbf{U}) = \{t_1, t_2\}$ 
  - $t_1 = \{(MBR, 101), (IME, Ana), (POL, ž), (SPR, 1100), (NAP, Univerzitetski IS)\}$
  - $t_2 = \{(MBR, 210), (IME, Aca), (POL, m), (SPR, 0105), (NAP, Polaris)\}$

46

46

## Strukturalna komponenta I

- Primer
  - $R = \{A, B, C\}, R \subseteq U$ 
    - $dom(A) = \{a_1, a_2\}$
    - $dom(B) = \{b_1, b_2\}$
    - $dom(C) = \{c_1, c_2\}$
  - $t_1 = \{(A, a_1), (B, b_1), (C, c_1)\}$
  - $t_2 = \{(A, a_2), (B, b_2), (C, c_2)\}$
  - $t_3 = \{(A, a_1), (B, b_1), (C, c_2)\}$
  - $r(R) = \{t_1, t_2, t_3\}$

47

47

## Strukturalna komponenta I

- U relaciji se ne mogu pojaviti dve identične torke
  - to je onda ista torka, samo dva puta prikazana
- Uobičajena reprezentacija relacije
  - pomoću tabele
  - relaciju predstavlja kompletan sadržaj tabele
    - kratko, tabela
  - poredak obeležja (kolona tabele) ne utiče na informacije koje sa sobom nosi relacija - nebitan
  - poredak torki u relaciji ne utiče na informacije koje sa sobom nosi relacija - nebitan

48

48

## Strukturalna komponenta I

- Primeri

<i>Radnik</i>	<i>MBR</i>	<i>IME</i>	<i>POL</i>	<i>SPR</i>	<i>NAP</i>
$t_1$	101	Ana	ž	1100	Univerziteti IS
$t_2$	210	Aca	m	0105	Polaris

$r(R)$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$t_1$	$a_1$	$b_1$	$c_1$
$t_2$	$a_2$	$b_2$	$c_2$
$t_3$	$a_1$	$b_1$	$c_2$

49

49

## Operacijska komponenta

50

## Operacijska komponenta

- Jezik za manipulaciju podacima u RMP
  - operacije za ažuriranje relacija
    - dodavanje nove torke (Add)
    - brisanje postojeće torke (Delete)
    - modifikacija podataka postojeće torke (Update)
- Jezik za definiciju podataka u RMP
  - operacije za upravljanje šemom BP
    - kreiranje, brisanje i modifikovanje delova šeme BP
- Upitni jezik u RMP
  - operacije za izražavanje upita nad jednom relacijom, ili skupom relacija
    - pružanje podataka na uvid korisniku

51

51

## Operacijska komponenta

- Upitni jezik sačinjavaju
  - operatori za izražavanje upita
  - pravila za formiranje operanada upita - izraza
  - pravila za primenu tih operatora
- Vrste teoretskih upitnih jezika u RMP
  - relacionalna algebra
    - zasnovana na teoriji skupova i skupovnih operacija
  - relacionalni račun
    - nad torkama
    - nad domenima
      - zasnovani na predikatskom računu I reda

52

52

## Operacijska komponenta

- Osnovne skupovne operacije nad relacijama

- o **Unija**

$$r(R) \cup s(R) = \{t \mid t \in r \vee t \in s\}$$

- o **Presek**

$$r(R) \cap s(R) = \{t \mid t \in r \wedge t \in s\}$$

- o **Razlika**

$$r(R) - s(R) = \{t \mid t \in r \wedge t \notin s\}$$

53

53

## Operacijska komponenta

- Primer

$r$	$A$	$B$
	$a_1$	$b_1$
	$a_2$	$b_2$

$s$	$A$	$B$
	$a_1$	$b_1$
	$a_3$	$b_3$

$r \cup s$	$A$	$B$
	$a_1$	$b_1$
	$a_2$	$b_2$
	$a_3$	$b_3$

$r \cap s$	$A$	$B$
	$a_1$	$b_1$

$r - s$	$A$	$B$
	$a_2$	$b_2$

54

54

## Operacijska komponenta

- **Selekcija**

- torki iz relacije
- omogućava izbor (selektovanje) torki relacije po nekom kriterijumu
 
$$\sigma_F(r(R)) = \{t \in r \mid F(t)\}$$
- logičkom formulom  $F$  izražava se kriterijum po kojem se torke relacije  $r$  selektuju
- biće selektovane samo one torke, za koje je formula  $F$  tačna
  - zahteva se formalno definisanje sintakse za zapisivanje selekcionih formula tipa  $F$

55

55

## Operacijska komponenta

- Primer

- $\sigma_F(r(R)), F ::= PLT > 5000$

$r$	$MBR$	$IME$	$POL$	$SPR$	$PLT$
	101	Ana	ž	11	3400
	102	Aca	m	14	4200
	110	Ivo	m	11	7000
	111	Olja	ž	11	7200

$\sigma_F$

56

56

## Operacijska komponenta

- Upit
  - prikazati radnike čija je plata veća od 4000 i rade na projektu sa šifrom 11
  - $\sigma_{PLT > 4000 \wedge SPR = 11}(r)$

MBR	IME	POL	SPR	PLT
110	Ivo	m	11	7000
111	Olja	ž	11	7200

57

57

## Operacijska komponenta

- **Projekcija (restrikcija) relacije**
  - izdvajanje vrednosti pojedinih kolona iz relacije
  - projektovanje relacije na podskup skupa obeležja
  - $X \subseteq R$

$$\pi_X(r(R)) = \{t[X] \mid t \in r(R)\}$$

58

58

## Operacijska komponenta

- Primer

- $P$  - pilot
- $A$  - tip aviona
- $L$  - broj leta

- Upit:

- prikazati pilote i tipove aviona na kojima lete:
- $\pi_{PA}(r(PAL))$

$r$	$P$	$A$	$L$
	<i>Aca</i>	747	101
	<i>Ivo</i>	737	101
	<i>Aca</i>	747	102
	<i>Ana</i>	DC9	110

$P$	$A$
<i>Aca</i>	747
<i>Ivo</i>	737
<i>Ana</i>	DC9

59

59

## Operacijska komponenta

- Primer

- Posmatra se relacija  $r$

$r$	$MBR$	$IME$	$POL$	$SPR$	$PLT$
	101	<i>Ana</i>	ž	11	3400
	102	<i>Aca</i>	<i>m</i>	14	4200
	110	<i>Ivo</i>	<i>m</i>	11	7000
	111	<i>Olja</i>	ž	11	7200

60

60

## Operacijska komponenta

- Upit
  - prikazati matične brojeve i imena radnika čija plata je veća od 4000, a rade na projektu sa šifrom 11
  - $F ::= PLT > 4000 \wedge SPR = 11$
  - $\pi_{MBR+IME}(\sigma_F(r))$

<i>MBR</i>	<i>IME</i>
110	Ivo
111	Olja

61

61

## Operacijska komponenta

- **Prirodni spoj relacija**
  - spajanje torki različitih relacija po osnovu istih vrednosti zajedničkih obeležja
- Date su relacije  $r(R)$  i  $s(S)$

$$r(R) \bowtie s(S) = \{t \in \text{Tuple}(RS) \mid t[R] \in r \wedge t[S] \in s\}$$

62

62

### Operacijska komponenta

- Primer

<i>r</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
	$a_1$	$b_1$	$c_1$
	$a_1$	$b_2$	$c_2$
	$a_1$	$b_3$	$c_3$

<i>s</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
	$b_1$	$c_1$	$d_1$
	$b_1$	$c_1$	$d_2$
	$b_3$	$c_3$	$d_3$
	$b_4$	$c_2$	$d_2$

$r \triangleright \triangleleft s$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$d_1$
	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$d_2$
	$a_1$	$b_3$	$c_3$	$d_3$

63

63

### Operacijska komponenta

- Primer

<i>r</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
	$a_1$	$b_1$
	$a_2$	$b_2$

<i>s</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
	$c_1$	$d_1$
	$c_2$	$d_2$

$r \triangleright \triangleleft s$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$d_1$
	$a_1$	$b_1$	$c_2$	$d_2$
	$a_2$	$b_2$	$c_1$	$d_1$
	$a_2$	$b_2$	$c_2$	$d_2$

64

64

## Operacijska komponenta

- Primer

<i>Radnik</i>				<i>Radproj</i>		<i>Projekat</i>	
<i>MBR</i>	<i>IME</i>	<i>PLT</i>	<i>POL</i>	<i>MBR</i>	<i>SPR</i>	<i>SPR</i>	<i>NAP</i>
101	Ana	3400	ž	101	11	11	X25
102	Aca	4200	m	101	14	13	Polaris
110	Ivo	7000	m	102	14	14	Univ. IS
111	Olja	7200	ž	110	13		
				110	11		

65

65

## Operacijska komponenta

- Upit
  - izlistati matične brojeve radnika, šifre i nazive projekata na kojima rade
  - *Radproj* ▷◁ *Projekat*

<i>MBR</i>	<i>SPR</i>	<i>NAP</i>
101	11	X25
101	14	Univ. IS
102	14	Univ. IS
110	13	Polaris
110	11	X25

66

66

## Operacijska komponenta

- Upit
  - Izlistati matične brojeve i imena radnika, koji rade na projektu sa šifrom 11
  - $\pi_{MBR+IME}(\sigma_{SPR=11}(Radproj) \bowtie Radnik)$ , ili
  - $\pi_{MBR+IME}(\sigma_{SPR=11}(Radproj \bowtie Radnik))$

<i>MBR</i>	<i>IME</i>
101	Ana
110	Ivo

67

67

## Operacijska komponenta

- **Dekartov proizvod relacija**
  - spajanje formiranjem svih mogućih kombinacija torki iz dve relacije
  - $R \cap S = \emptyset$

$$r(R) \times s(S) = \{t \in Tuple(RS) \mid t[R] \in r \wedge t[S] \in s\}$$

- **Theta spajanje relacija**
  - selektovanje torki po nekom kriterijumu iz dekartovog proizvoda relacija

$$r(R) \bowtie_F s(S) = \sigma_F(r \times s)$$

68

68

## Operacijska komponenta

- Primer
  - date su relacije
    - $r$  - red vožnje *Niš – Beograd*
    - $s$  - red vožnje *Beograd - Novi Sad*

$r$	$PNI$	$DBG$
	06:00	09:00
	08:00	10:30
	13:00	16:00

$s$	$PBG$	$DNS$
	10:00	11:15
	12:00	13:30

69

69

## Operacijska komponenta

- Upit
  - pregled svih mogućih varijanti za putovanje od *Niša* do *Novog Sada* s presedanjem u *Beogradu*
  - $r \triangleright \triangleleft_{DBG < PBG} S = \sigma_{DBG < PBG}(r \times s)$

$r \triangleright \triangleleft_{DBG < PBG} S$	$PNI$	$DBG$	$PBG$	$DNS$
	06:00	09:00	10:00	11:15
	06:00	09:00	12:00	13:30
	08:00	10:30	12:00	13:30

70

70

## Operacijska komponenta – zadaci za vežbu

71

### Operacijska komponenta – zadaci za vežbu

- $\text{radnik}(\{\text{Mbr, Ime, Prz, Sef, Plt, God, Pre}\}, \{\text{Mbr}\})$ ,
- $\text{projekat}(\{\text{Spr, Ruk, Nap, Nar}\}, \{\text{Spr}\})$ ,
- $\text{radproj}(\{\text{Spr, Mbr, Brc}\}, \{\text{Spr + Mbr}\})$ ,
  
- $\text{radnik}[\text{Sef}] \subseteq \text{radnik}[\text{Mbr}]$ ,
- $\text{projekat}[\text{Ruk}] \subseteq \text{radnik}[\text{Mbr}]$ ,
- $\text{radproj}[\text{Mbr}] \subseteq \text{radnik}[\text{Mbr}]$ ,
- $\text{radproj}[\text{Spr}] \subseteq \text{projekat}[\text{Spr}]$ .

72

72

## Operacijska komponenta – zadaci za vežbu

- Koristeći operacije operacijske komponente RMP rešiti sledeće zadatke:
  1. Prikazati šifre i nazive projekata na kojima radi Ivan Tasić.
  2. Prikazati matične brojeve radnika koji rade na projektu sa šifrom 10 ili rade 5 sati.
  3. Prikazati projekte na kojima rade radnici čija je plata veća od 2500.
  4. Prikazati radnike (MBR, IME, PRZ) kojima je šef radnik sa MBR=10, ili zarađuju više od 2600.
  5. Prikazati podatke o projektima na kojima ne radi nijedan radnik.
  6. Prikazati podatke o radnicima koji ne rade na projektu sa šifrom P1.
  7. Prikazati radnike koji nisu rukovodioci projekata.
  8. Prikazati projekte na kojima radi šef radnika sa MBR=2001.
  9. Prikazati sve projekte na kojima rade oni radnici koji rade na projektu sa nazivom "Univerzitetski IS".
  10. Prikazati radnike koji rade na projektu sa nazivom "Nabavka".
  11. Prikazati radnike (IME, PRZ) koji na projektu sa nazivom "Prodaja" rade više od 10 sati nedeljno.
  12. Prikazati projekte (SPR, NAP) kojima rukovodi radnik Milan Perić.

73

73

## Strukturalna komponenta II

74

## Strukturalna komponenta II

- **Šema relacije**

- imenovani par

$$N(R, O)$$

- $N$  - naziv šeme relacije (može biti izostavljen)
- $R$  - skup obeležja šeme relacije
- $O$  - skup ograničenja šeme relacije

- **Pojava nad šemom relacije**

- $(R, O)$
- bilo koja relacija  $r(R)$ , takva da zadovoljava sva ograničenja iz skupa  $O$

75

75

## Strukturalna komponenta II

- Primer

- Data je šema relacije

$$\text{Letovi}(\{P, A, L\}, O)$$

- $O = \{\text{"Pilot može da leti samo na jednom tipu aviona"}\}$

Let1	P	A	L	Let2	P	A	L
	Pop	747	101		Pop	747	101
	Pop	747	102		Pop	737	102
	Ana	737	103		Ana	737	103

- Da li prikazane relacije predstavljaju pojave nad datom šemom relacije?

76

76

## Strukturalna komponenta II

- **Relaciona šema baze podataka**

- (imenovani) par

$$(S, I)$$

- $S$  - skup šema relacija

$$S = \{(R_i, O_i) \mid i \in \{1, \dots, n\}\}$$

- $I$  - skup međurelacionih ograničenja

77

77

## Strukturalna komponenta II

- Primer

- Zadane su šeme relacija

- $Radnik(\{MBR, IME, PRZ, DATR\},$

*{"Ne postoje dva radnika sa istom vrednošću za MBR. Svaki radnik poseduje vrednost za MBR."})*

- $Projekat(\{SPR, NAP\},$

*{"Ne postoje dva projekta sa istom vrednošću za SPR. Svaki projekat poseduje vrednost za SPR."})*

- $Angazovanje(\{SPR, MBR, BRC\},$

*{"Ne može se isti radnik na istom projektu angažovati više od jedanput. Pri angažovanju, vrednosti za MBR i SPR su uvek poznate."})*

78

78

## Strukturalna komponenta II

- Primer
  - $S = \{\text{Radnik, Projekat, Angažovanje}\}$
  - $I = \{$ 
    - “radnik ne može biti angažovan na projektu, ako nije zaposlen”;
    - “na projektu ne može biti angažovan ni jedan radnik, dok projekat ne bude registrovan”
  - $(S, I)$  predstavlja jednu relacionu šemu BP

79

79

## Strukturalna komponenta II

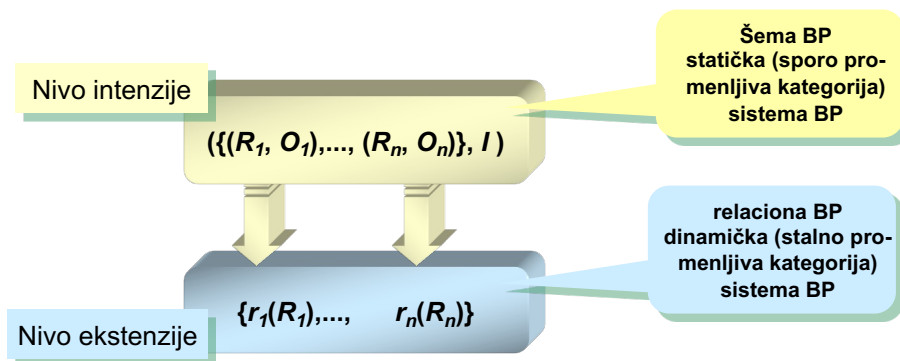
- **Relaciona baza podataka**
    - jedna pojava nad zatom relacionom šemom baze podataka  $(S, I)$
- $$s: S \rightarrow \{r_i \mid i \in \{1, \dots, n\}\}, (\forall i) s(R_i, O_i) = r_i$$
- svakoj šemi relacije iz skupa  $S$  odgovara jedna njena pojava
  - skup relacija  $s$  mora da zadovoljava sva međurelaciona ograničenja iz skupa  $I$

80

80

## Strukturalna komponenta II

- Baza podataka
  - reprezentuje jedno stanje realnog sistema
  - ažurira se, jer promene stanja realnog sistema treba da prate odgovarajuće promene podataka u BP
- Odnos šema BP - BP



81

81

## Strukturalna komponenta II

- Primer
  - $S = \{\text{Radnik, Projekat, Angažovanje}\}$
  - $RBP = \{\text{radnik, projekat, angažovanje}\}$

<i>Radnik</i>				<i>Projekat</i>		<i>Angažovanje</i>	
MBR	IME	PRZ	DATR	SPR	NAP	MBR	SPR
101	Ana	Pap	12.12.65.	11	X25	101	11
102	Aca	Tot	13.11.48.	13	Polaris	101	14
110	Ivo	Ban	01.01.49.	14	Univ. IS	102	14
111	Olja	Kun	06.05.71.				

82

82

## Strukturalna komponenta II

- **Konzistentno stanje BP**
  - baza podataka  $RBP = \{r_i \mid i \in \{1, \dots, n\}\}$  nad šemom  $(S, I)$  nalazi se u
    - **formalno konzistentnom stanju** ako
      - $(\forall r_i \in RBP)(r_i \text{ zadovoljava sva ograničenja odgovarajuće šeme } (R_i, O_i))$
      - $RBP$  zadovoljava sva međurelaciona ograničenja iskazana putem  $I$
    - **suštinski konzistentnom stanju** ako
      - se nalazi u formalno konzistentnom stanju  $i$
      - predstavlja vernu sliku stanja realnog sistema
        - u praksi, nivo pojave grešaka u BP sveden je na ispod 2-3%
  - **SUBP može da kontroliše formalnu konzistentnost**

83

83

## Integritetna komponenta

84

## Integritetna komponenta

- Definisana putem tipova ograničenja
- Karakteristike tipa ograničenja
  - formalizam za zapisivanje (definicija)
  - pravilo za interpretaciju (validaciju)
  - oblast definisanosti
    - tip logičke strukture obeležja nad kojom se ograničenje definiše
  - oblast interpretacije
    - tip logičke strukture podataka nad kojom se ograničenje interpretira

85

85

## Integritetna komponenta

- Karakteristike tipa ograničenja
  - skup operacija nad bazom podataka koje mogu dovesti do narušavanja ograničenja datog tipa
  - skup mogućih akcija kojima se obezbeđuje očuvanje validnosti baze podataka, pri pokušaju narušavanja ograničenja datog tipa
    - definiše se za svaku operaciju koja može dovesti do narušavanja ograničenja

86

86

## Integritetna komponenta

- Tipovi ograničenja u relacionom modelu podataka
  - ograničenje domena
  - ograničenje vrednosti obeležja
  - ograničenje torke
  - integritet entiteta (ograničenje ključa)
  - ograničenje jedinstvenosti vrednosti obeležja
  - zavisnost sadržavanja
  - ograničenje referencijalnog integriteta
  - funkcionalna zavisnost

87

87

## Integritetna komponenta

- Oblasti definisanosti u relacionom MP
  - **vanrelaciono** ograničenje
    - definiše se izvan konteksta šeme relacije
  - **jednorelaciono** (unutarrelaciono, lokalno) ograničenje
    - definiše se nad tačno jednom šemom relacije
  - **višerelaciono** ograničenje
    - definiše se nad skupom ili nizom šema relacija, koji sadrži bar dva člana

88

88

## Integritetna komponenta

- Oblasti interpretacije u relacionom MP
  - **ograničenje vrednosti**
    - interpretira se nad tačno jednom vrednošću nekog obeležja
  - **ograničenje torke**
    - interpretira se nad jednom torkom bilo koje relacije
  - **relaciono ograničenje**
    - interpretira se nad skupom torki bilo koje relacije
  - **međurelaciono ograničenje**
    - interpretira se nad barem dve, bilo koje relacije

89

89

## Integritetna komponenta

- **Specifikacija domena**

**$D(id(D), Predef)$**

- $D$  - naziv domena
- $id(D)$  - ograničenje (integritet) domena
- $Predef$  - predefinisana vrednost domena

- **Ograničenje domena**

**$id(D) = (Tip, Dužina, Uslov)$**

- $Tip$  - tip podatka (primitivni domen), ili oznaka prethodno definisanog domena
- $Dužina$  - dužina tipa podatka
- $Uslov$  - logički uslov

91

91

## Integritetna komponenta

- **Specifikacija domena**
  - *Tip*
    - predstavlja jedinu obaveznu komponentu specifikacije ograničenja domena
  - *Dužina*
    - navodi se samo za tipove podataka (primitivne domene) koji to zahtevaju
    - ne navodi za domene čiji *tip* ne predstavlja primitivni domen
  - *Uslov*
    - mora da ga zadovoljava svaka vrednost iz skupa mogućih vrednosti domena
  - *Predef*
    - mora da zadovolji ograničenja *tipa*, *dužine* i *uslova*

92

92

## Integritetna komponenta

- **Ograničenje domena**
  - interpretacija ograničenja
    - moguća za bilo koju vrednost – konstantu  $d$
    - oznaka  $id(D)(d)$
- Primeri
  - $DPrezime((String, 30, \Delta), \Delta)$
  - $DDatum((Date, \Delta, d \geq '01.01.1900'), \Delta)$
  - $DOcena((Number, 2, d \geq 5 \wedge d \leq 10), \Delta)$
  - $DPozOcena((DOcena, \Delta, d \geq 6), 6)$ 
    - $\Delta$  - komponenta u specifikaciji nije zadata

93

93

## Integritetna komponenta

- **Nula (nedostajuća, izostavljena) vrednost**

- specijalna vrednost
- označava se posebnim simbolom
  - $\omega$ , ili ? (u literaturi) ili
  - NULL (u literaturi i SQL-u)
- moguća značenja
  - nepoznata - postojeća vrednost obeležja
  - nepostojeća vrednost obeležja
  - neinformativna vrednost obeležja
- skup mogućih vrednosti svih domena proširuje se nula vrednošću
 
$$DOM \cup \{\omega\}$$
  - nula vrednost *a priori* zadovoljava svako ograničenje domena

94

94

## Integritetna komponenta

- **Specifikacija obeležja šeme relacije**

- $A \in R, N(R, O)$ 
    - zadaje se za svako obeležje šeme relacije
- (*id(N, A), Predef*)**
- *id(A)* - ograničenje vrednosti obeležja
  - *Predef* - predefinisana vrednost obeležja

95

95

## Integritetna komponenta

- **Ograničenje vrednosti obeležja**

$$id(N, A) = (Domen, Null, Uslov)$$

- *Domen* - oznaka (naziv) domena obeležja
- *Null*  $\in \{\top, \perp\}$  – ograničenje nula vrednosti obeležja
  - $\top$  - dozvola dodele nula vrednosti obeležju u  $r(N)$
  - $\perp$  - zabrana dodele nula vrednosti obeležju u  $r(N)$
- *Uslov* - logički uslov

96

96

## Integritetna komponenta

- **Specifikacija obeležja šeme relacije**

- *Domen* i *Null*
  - obavezne komponente specifikacije
- *Uslov*
  - mora da ga zadovoljava svaka vrednost dodeljena obeležju
- *Predef*
  - ako se navede, onda je on važeći
  - u protivnom, važeći je *Predef* odgovarajućeg *Domena*, ili prvog sledećeg nasleđenog domena, za koji je *Predef* definisan

- Interpretacija ograničenja

- moguća za bilo koju vrednost obeležja  $d$
- oznaka  $id(N, A)(d)$

97

97

## Integritetna komponenta

- **Ograničenje torke**

- izražava ograničenja na moguće vrednosti unutar jedne torke
- predstavlja skup ograničenja vrednosti obeležja, kojem je pridodat logički uslov
- formalno, za šemu relacije  $N(R, O)$

$$id(N) = id(R) = (\{id(N, A) \mid A \in R\}, Uslov)$$

- *Uslov*
  - logički uslov koji svaka torka mora da zadovolji
  - može, u ulozi operanda, da sadrži bilo koje obeležje date šeme relacije
- interpretacija ograničenja
  - moguća za bilo koju torku nad skupom obeležja  $R$ ,  $id(N)(t)$

98

98

## Integritetna komponenta

- Primer

- $Radnik(\{MBR, PRZ, IME, ZAN, BPJZ\}, O)$

Domen	Tip	Dužina	Uslov	Predef
MBRD	Number	4	$d \geq 0$	$\Delta$
PRZD	String	30	$\Delta$	$\Delta$
IMED	String	15	$\Delta$	$\Delta$
ZAND	String	3	$\Delta$	$\Delta$
BPJZD	Number	2	$d \geq 0$	0

99

99

## Integritetna komponenta

- Primer
  - Radnik({MBR, PRZ, IME, ZAN, BPJZ}, O)

Radnik	Domen	Null	Uslov	Predef
MBR	MBRD	⊥	$MBR < 1000$	Δ
PRZ	PRZD	⊥	Δ	Δ
IME	IMED	⊥	Δ	Δ
ZAN	ZAND	⊥	Δ	Δ
BPJZ	BPJZD	T	Δ	0
<b>Uslov:</b> $ZAN = 'prg' \Leftrightarrow BPJZ \neq \omega$				

100

100

## Integritetna komponenta

- **Ključ šeme relacije**
  - minimalni podskup skupa obeležja šeme relacije, na osnovu kojeg se jedinstveno može identifikovati svaka torka relacije nad datom šemom
  - formalno, X je ključ ako
    - 1<sup>o</sup>  $(\forall u, v \in r(R))(u[X] = v[X] \Rightarrow u = v)$
    - 2<sup>o</sup>  $(\forall Y \subset X)(\neg 1^o)$
  - oblast interpretacije
    - skup torki (**relacija**) nad datom šemom relacije

101

101

## Integritetna komponenta

- **Ključ šeme relacije**

- u određenim situacijama (u procesu projektovanja šeme BP) skup ograničenja šeme relacije zadaje se samo kao skup ključeva

$$N(R, K)$$

- Primer

- šema relacije *Radnik*( $R, K$ )
  - $R = \{MBR, IME, PRZ, DATR, POL, MESR, RBRE\}$
  - $K = \{MBR, DATR+MESR+POL+RBRE\}$

102

102

## Integritetna komponenta

- Primer

- *Radnik*( $\{MBR, IME, PRZ, DATR\}, \{MBR\}$ )
- *Projekat*( $\{SPR, NAP\}, \{SPR\}$ )
- *Angažovanje*( $\{SPR, MBR, BRC\}, \{SPR+MBR\}$ )

103

103

## Integritetna komponenta

- **Ograničenje ključa (integritet entiteta)**

- šeme relacije  $N(R, K)$ 
  - ključ  $X \in K, X \subseteq R$
  - oznaka

### **Key(N, X)**

- za sva obeležja ključa nula vrednosti su zabranjene

$$(\forall X_i \in K)(\forall A \in X_i)(Null(N, A) = \perp)$$

- Vrste obeležja šeme relacije, s obzirom na ključeve
  - **primarno (ključno) obeležje**
    - pripada barem jednom ključu šeme relacije
  - **neprimarno (sporedno) obeležje**
    - ne pripada ni jednom ključu šeme relacije

104

104

## Integritetna komponenta

- **Ograničenje ključa (integritet entiteta)**

- svaka šema relacije mora posedovati najmanje jedan ključ ( $K \neq \emptyset$ )
  - proizilazi iz definicije pojma relacije
- **ekvivalentni ključevi**
  - svi ključevi skupa ključeva  $K$
- **primarni ključ**
  - jedan izabrani ključ, od svih ekvivalentnih ključeva
  - oznaka  $K_p(N)$
  - **svaka šema relacije treba da poseduje tačno jedan primarni ključ**
  - koristi se u ulozi asocijativne (simboličke) adrese za povezivanje podataka u relacijama

105

105

## Integritetna komponenta

- **Ograničenje jedinstvenosti**

- vrednosti obeležja šeme relacije  $N(R, O)$
- *Uniqueness Constraint*

### ***Unique(N, X)***

- $X$  - skup obeležja,  $X \subseteq R$
- zahteva da ne-nula kombinacija vrednosti obeležja bude jedinstvena u relaciji nad  $N(R, O)$
- formalno
  - $(\forall u, v \in r(R))((\forall A \in X)(u[A] \neq \omega \wedge v[A] \neq \omega) \Rightarrow (u[X] = v[X] \Rightarrow u = v))$

106

106

## Integritetna komponenta

- **Ograničenje jedinstvenosti**

- oblast interpretacije
  - skup torki (**relacija**) nad datom šemom  $N(R, O)$
- skup svih ograničenja jedinstvenosti u šemi  $N(R, O)$

$$Uniq = \{Unique(N, X) \mid X \subseteq R\}$$

107

107

## Integritetna komponenta

- Primer

$Radnik(\{MBR, IME, PRZ, DATR, JMBG\}, O)$

- $Uniq \subseteq O$
- $Uniq = \{Unique(Radnik, JMBG)\}$
- $Unique(Radnik, JMBG)$ 
  - zahteva da ako radnik poseduje ne-nula vrednost za  $JMBG$ , onda je ta vrednost jedinstvena u relaciji nad šemom  $Radnik$

108

108

## Integritetna komponenta

- **Skup svih ograničenja šeme relacije**

- praktično, kada šemu relacije treba implementirati u datom SUBP, zadaje se kao unija
  - skupa ključeva,
  - ograničenja jedinstvenosti i
  - ograničenja torke

$N(R, K \cup Uniq \cup \{id(R)\})$

109

109

## Integritetna komponenta

- Primer

$Radnik(\{MBR, PRZ, IME, ZAN, BPJZ, JMBG\}, K \cup Uniq \cup \{id(R)\})$

- $K = \{MBR\}$
- $Uniq = \{Unique(Radnik, JMBG)\}$
- $id(R)$  - prethodno zadat, u tabelarnom obliku

110

110

## Integritetna komponenta

- **Zavisnost sadržavanja**

- date su šeme relacije  $N_i(R_i, O_i)$  i  $N_j(R_j, O_j)$
- dati su domenski kompatibilni **nizovi** obeležja

$$X = (A_1, \dots, A_n), (\forall I \in \{1, \dots, n\})(A_I \in R_i),$$

$$Y = (B_1, \dots, B_n), (\forall I \in \{1, \dots, n\})(B_I \in R_j),$$

$$(\forall I \in \{1, \dots, n\})(dom(A_I) \subseteq dom(B_I))$$

- oznaka (pravilo zapisivanja)

$$N_i[X] \subseteq N_j[Y]$$

111

111

## Integritetna komponenta

- **Zavisnost sadržavanja**

$$N_i[X] \subseteq N_j[Y]$$

- važi ako je za bilo koje dve relacije  $r(R_i, O_i)$  i  $s(R_j, O_j)$  zadovoljeno

$$(\forall u \in r)(\exists v \in s)(\forall l \in \{1, \dots, n\})(u[A_l] = \omega \vee u[A_l] = v[B_l])$$

- oblast definisanosti
  - niz od dve šeme relacije
- oblast interpretacije
  - relacije nad šemama  $N_i$  i  $N_j$

112

112

## Integritetna komponenta

- Primer

- date su relacije  $r(N_i)$  i  $s(N_j)$
- važi zavisnost sadržavanja  $N_i[B] \subseteq N_j[B]$

$r$	$A$	$B$
	$a_1$	$b_1$
	$a_2$	$b_2$

$s$	$B$	$C$
	$b_1$	$c_1$
	$b_2$	$c_1$
	$b_3$	$c_2$

113

113

## Integritetna komponenta

- Primer
  - date su relacije  $r(N_i)$  i  $s(N_j)$
  - važi zavisnost sadržavanja  $N_i[(A, B)] \subseteq N_j[(C, D)]$

$r$	$A$	$B$
	$a_1$	$b_1$
	$a_2$	$\omega$

$s$	$C$	$D$
	$a_1$	$b_1$
	$a_2$	$b_2$
	$a_3$	$b_2$

114

114

## Integritetna komponenta

- **Ograničenje referencijalnog integriteta**
  - zavisnost sadržavanja  $N_i[X] \subseteq N_j[Y]$ , kada je  $Y$  ključ šeme relacije  $N_j(R_j, K_j)$
  - $N_i$  - **referencirajuća šema relacije**
  - $N_j$  - **referencirana šema relacije**

115

115

## Integritetna komponenta

- Primer
  - $Angažovanje[MBR] \subseteq Radnik[MBR]$
  - $Angažovanje[SPR] \subseteq Projekat[SPR]$

Radnik				Projekat		Angažovanje	
MBR	IME	PRZ	DATR	SPR	NAP	MBR	SPR
101	Ana	Pap	12.12.65.	11	X25	101	11
102	Aca	Tot	13.11.48.	13	Polaris	101	14
110	Ivo	Ban	01.01.49.	14	Univ. IS	102	14
111	Olja	Kun	06.05.71.				

116

116

## Integritetna komponenta

- **Funkcionalna zavisnost (FZ)**
  - izraz oblika  $f: X \rightarrow Y$ 
    - gde su  $X$  i  $Y$  skupovi obeležja
    - $f$  je oznaka FZ
    - $X$  i  $Y$  su podskupovi skupa  $\mathcal{U}$
    - oznaka  $f$  se, u notaciji, često izostavlja
  - semantika
    - ako je poznata  $X$  vrednost, poznata je i  $Y$  vrednost
    - svakoj  $X$  vrednosti odgovara samo jedna  $Y$  vrednost
  - relacija  $r$  zadovoljava FZ  $X \rightarrow Y$  ako važi
 
$$(\forall u, v \in r)(u[X] = v[X] \Rightarrow u[Y] = v[Y])$$
  - oblast interpretacije
    - relacija  $r(N)$  ili  $r(\mathcal{U})$

117

117

## Integritetna komponenta

- **Funkcionalna zavisnost (FZ)**
  - Primer
    - $MBR \rightarrow IME$ 
      - ako dve torke imaju istu vrednost za  $MBR$ , moraju imati istu vrednost i za  $IME$
  - skup FZ se označava sa  $F$ 
    - $F = \{MBR \rightarrow IME, MBR + MES + GOD \rightarrow BRC, \dots\}$
- **Trivijalna FZ**
  - svaka FZ koja je zadovoljena u bilo kojoj relaciji
  - svaka FZ  $X \rightarrow Y$ , za koju važi  $Y \subseteq X$
  - Primer
    - $MBR \rightarrow MBR, MBR \rightarrow \emptyset, AB \rightarrow A, \dots$

118

118

## Integritetna komponenta

- Primer
  - semantika uvedenih obeležja skupa  $U$ 
    - $BRI$  - broj indeksa
    - $IME$  - ime studenta
    - $PRZ$  - prezime studenta
    - $BPI$  - broj položenih ispita
    - $OZP$  - oznaka predmeta
    - $NAP$  - naziv predmeta
    - $NAS$  - prezime nastavnika
    - $OCE$  - ocena na ispitu

119

119

## Integritetna komponenta

- Primer

### *Student*

<i>BRI</i>	<i>IME</i>	<i>PRZ</i>	<i>BPI</i>	<i>OZP</i>	<i>NAP</i>	<i>NAS</i>	<i>OCE</i>
159	Ivo	Ban	13	P1	Mat	Han	09
159	Ivo	Ban	13	P2	Fiz	Kun	08
013	Ana	Tot	09	P1	Mat	Pap	06
119	Eva	Kon	15	P3	Hem	Kiš	07
159	Ivo	Ban	13	P3	Hem	Kiš	10
119	Eva	Kon	15	P1	Mat	Han	09
159	Ivo	Ban	13	P4	Mat	Car	10
037	Eva	Tot	01	P4	Mat	Car	10

120

120

## Integritetna komponenta

- Primer

- Relacija *Student* zadovoljava sledeće FZ

$$F = \{BRI \rightarrow IME + PRZ + BPI, IME + PRZ \rightarrow BRI, OZP \rightarrow NAP, NAS \rightarrow OZP + NAP, BRI + OZP \rightarrow OCE + NAS\}$$

- Relacija *Student* **ne zadovoljava** sledeće FZ

$$BRI \rightarrow OCE, OZP \rightarrow NAS, \dots$$

- Način identifikacije važećih FZ

- na osnovu odnosa i pravila poslovanja koji postoje u realnom sistemu

121

121

## Integritetna komponenta

- **Funkcionalna zavisnost**
  - **logička posledica**
    - FZ  $f$  je logička posledica od skupa FZ  $F$
    - oznaka:  $F \models f$ 
      - ako svaka relacija  $r$  koja zadovoljava  $F$  zadovoljava i  $f$
      - $(\forall r \in SAT(\mathbf{U}))(r \models F \Rightarrow r \models f)$
    - skup FZ  $F_2$  je logička posledica od skupa FZ  $F_1$
    - oznaka:  $F_1 \models F_2$ 
      - ako  $(\forall f \in F_2)(F_1 \models f)$
  - **implikacioni problem**
    - rešiti implikacioni problem, znači utvrditi da li važi  $F \models f$
  - **ekvivalentnost skupova FZ**
    - oznaka:  $F_1 \equiv F_2$
    - ako  $F_1 \models F_2 \wedge F_2 \models F_1$

122

122

## Integritetna komponenta

- **Funkcionalna zavisnost**
  - **zatvarač (zatvorenje) skupa FZ**
    - oznaka  $F^+$ 
      - skup koji sadrži sve logičke posledice od  $F$
      - $F^+ = \{f \mid F \models f\}$
    - važi za svaki  $F$  da  $F \subseteq F^+$
    - $F_1 \models F_2$  akko  $F_2^+ \subseteq F_1^+$
  - **ekvivalentnost skupova FZ**
    - $F_1 \equiv F_2$  akko  $F_1^+ = F_2^+$

123

123

## Integritetna komponenta

- **Funkcionalna zavisnost**
  - **Armstrongova pravila izvođenja**
    - refleksivnost
      - $Y \subseteq X \mid - X \rightarrow Y$
    - proširenje
      - $X \rightarrow Y, W \subseteq V \mid - XV \rightarrow YW$
    - pseudotranzitivnost
      - $X \rightarrow Y, YV \rightarrow Z \mid - XV \rightarrow Z$
  - Izvedena pravila izvođenja
    - uniranje desnih strana
      - $X \rightarrow Y, X \rightarrow Z \mid - X \rightarrow YZ$
    - dekompozicija desnih strana
      - $X \rightarrow Y, V \subseteq Y \mid - X \rightarrow V$
    - tranzitivnost
      - $X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z \mid - X \rightarrow Z$

124

124

## Integritetna komponenta

- Primer
  - varijante u označavanju
    - primena pravila dekompozicije i uniranja desnih strana
 
$$\{BRI \rightarrow IME, BRI \rightarrow PRZ\} \equiv \{BRI \rightarrow IME + PRZ\}$$
    - proizvoljno dekomponovanje levih strana nije dozvoljeno
 
$$\{BRI + OZP \rightarrow OCE\} \not\equiv \{BRI \rightarrow OCE, OZP \rightarrow OCE\}$$

125

125

## Integritetna komponenta

- Primer

$U = \{A, B, C, D, E, F, G, H\}$

$F = \{BG \rightarrow H, DF \rightarrow GH, CH \rightarrow DA, B \rightarrow E, D \rightarrow BA, AG \rightarrow CF\}$

Da li važi:

1.  $DA \rightarrow E?$
2.  $DG \rightarrow FH?$

126

126

## Integritetna komponenta

- **Funkcionalna zavisnost**

- **Sistem armstrongovih pravila izvođenja je**

- refleksivnost, proširenje i pseudotranzitivnost
    - **korektan (neprotivrečan)**
      - svaka FZ koja se izvede primenom AP iz nekog skupa FZ predstavlja logičku posledicu tog skupa FZ
    - **kompletan**
      - svaka logička posledica nekog skupa FZ može se izvesti primenom AP iz tog skupa
    - **neredundantan (minimalan)**
      - ne može se eliminisati kao suvišno ni jedno od tri pravila izvođenja, a da prethodna dva svojstva ostanu očuvana

127

127

## Integritetna komponenta

- **Nepotpuna FZ**
  - $X \rightarrow Y \in F$  je nepotpuna
    - ako sadrži logički suvišno obeležje na levoj strani
    - $(\exists X' \subset X)(X' \rightarrow Y \in F^*)$
  - Primer
    - $BRI + IME \rightarrow PRZ$ , zbog  $BRI \rightarrow IME$
    - redukuje se u  $BRI \rightarrow PRZ$
- **Tranzitivna FZ**
  - $X \rightarrow Z$  tranzitivna
    - ako važi  $X \rightarrow Y \in F^*$  i  $Y \rightarrow Z \in F^*$ , a ne važi da je  $Y \rightarrow X \in F^*$
  - Primer
    - $NAS \rightarrow OZP, OZP \rightarrow NAP, \neg(OZP \rightarrow NAS)$ 
      - $NAS \rightarrow NAP$  je tranzitivna i logički suvišna

128

128

## Integritetna komponenta

- **Ključ šeme relacije i FZ**
  - $X$  je ključ šeme relacije  $(R, F)$ , ako važi
    - 1<sup>o</sup> iz  $F$  sledi  $X \rightarrow R$  ( $X \rightarrow R \in F^*$ )
    - 2<sup>o</sup>  $X$  je minimalni skup obeležja s osobinom 1<sup>o</sup>
      - $\neg(\exists X' \subset X)(X' \rightarrow R \in F^*)$
- **Zatvarač (zatvorenje) skupa obeležja**
  - skup svih obeležja koja funkcionalno zavise od  $X$
  - $X_{F^*} = \{A \in U \mid X \rightarrow A \in F^*\}$

129

129

## Integritetna komponenta

- **Algoritam za izračunavanje zatvarača  $X_F^+$** 
  - $X_0 \leftarrow X$
  - $(\exists a \geq 0)(X_{i+1} \leftarrow X_i \cup \{A \in \mathbf{U} \mid (\exists V \rightarrow W \in F)(V \subseteq X_i \wedge A \in W)\})$
  - $(\exists a \geq 0)(X_{n+1} = X_n \Rightarrow X_F^+ = X_n)$
- **Generisanje jednog ključa šeme relacije**
  - polazi se od  $R$  i vrši se redukcija
    - izbacivanjem obeležja i izračunavanjem zatvarača ostatka
    - $X \leftarrow R$
    - Redukcija  $Red(X): (\forall A \in X)(A \in (X \setminus \{A\})_F^+ \Rightarrow X \leftarrow X \setminus \{A\})$
- **Generisanje svih alternativnih ključeva**
  - polazi se od prvog generisanog ključa  $X, K \leftarrow \{X\}$ 
    - $(\forall X \in K)(\forall V \rightarrow W \in F)(X \cap W \neq \emptyset \Rightarrow X_{newk} \leftarrow (X \setminus W) \cup V)$
    - Redukcija:  $Red(X_{newk}): K \leftarrow K \cup \{Red(X_{newk})\}$

130

130

## Integritetna komponenta

- Primer
  - $F = \{BRI \rightarrow IME + PRZ + BPI, IME + PRZ \rightarrow BRI, OZP \rightarrow NAP, NAS \rightarrow OZP + NAP, BRI + OZP \rightarrow OCE + NAS\}$
  - šema relacije *Student* ima četiri ključa
    - $K_1 = BRI + NAS, K_2 = IME + PRZ + NAS,$
    - $K_3 = BRI + OZP, K_4 = IME + PRZ + OZP$
- Pojam ključa
  - fundamentalan za teoriju i praksu relacionog MP
    - ne projektuju se ostala ograničenja šeme BP, dok se ne preciziraju ključevi svih šema relacija

131

131

## Integritetna komponenta

- Primer

$$U = \{A, B, C, D, E, F, G, H\}$$

$$F = \{BG \rightarrow H, DF \rightarrow GH, CH \rightarrow DA, B \rightarrow E, D \rightarrow BA, AG \rightarrow CF\}$$

Izračunajte ključeve!

132

132

## Integritetna komponenta

- **Projekcija skupa funkcionalnih zavisnosti na skup obeležja**

- dati su skup fz  $F$  i skup obeležja  $X \subseteq U$
- projekcija  $F|_X$  predstavlja skup svih funkcionalnih zavisnosti koje logički slede iz  $F$ , a definisane su u skupu obeležja  $X$
- formalno

$$F|_X = \{V \rightarrow W \mid F \models V \rightarrow W \wedge VW \subseteq X\}$$

- Primer

- $F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C, BE \rightarrow F, A \rightarrow D\}$
- $F|_{ACDEF} = \{A \rightarrow C, AE \rightarrow F, A \rightarrow D, \text{ sve trivijalne fz}\}$

133

133

## Osnovne projektantske pretpostavke

134

### Osnovne projektantske pretpostavke

- **Pretpostavka o postojanju šeme univerzalne relacije (ŠUR)**
  - ***U*** - univerzalni skup obeležja
  - ***OGR*** - skup svih ograničenja realnog sistema
  - **šema univerzalne relacije**

**(*U, OGR*)**

    - pretpostavka da uvek egzistira u imaginarnom svetu
    - Posledica
      - jedinstvena uloga svakog obeležja u ŠUR
        - ne postoje dva obeležja s istom ulogom (**sinonimi**)
        - ne postoji obeležje s više od jedne uloge (**homonimi**)
      - svako obeležje u budućoj šemi BP identifikuje se isključivo putem svog naziva

135

135

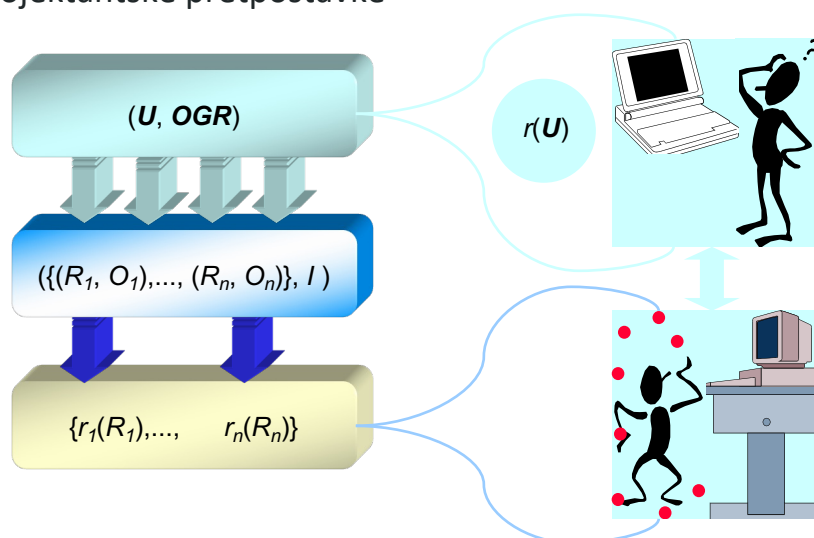
## Osnovne projektantske pretpostavke

- **Univerzalna relacija**
  - pojava nad ŠUR,  $r(U, OGR)$
  - reprezentuje stanje realnog sistema
  - apstraktni pojam – preuzet iz imaginarnog sveta
  - praktično, nemoguće je implementirati je pod nekim SUBP
    - prepreke logičkog karaktera i
    - prepreke vezane za moguću fizičku organizaciju podataka
- teoretski zahtev
  - stanje relacije baze podataka nad  $(S, I)$  treba, u informativnom smislu, da odgovara sadržaju univerzalne relacije

136

136

## Osnovne projektantske pretpostavke



137

137

## Integritetna komponenta

- Primer

### *Student*

<i>BRI</i>	<i>IME</i>	<i>PRZ</i>	<i>BPI</i>	<i>OZP</i>	<i>NAP</i>	<i>NAS</i>	<i>OCE</i>
159	Ivo	Ban	13	P1	Mat	Han	09
159	Ivo	Ban	13	P2	Fiz	Kun	08
013	Ana	Tot	09	P1	Mat	Pap	06
119	Eva	Kon	15	P3	Hem	Kiš	07
159	Ivo	Ban	13	P3	Hem	Kiš	10
119	Eva	Kon	15	P1	Mat	Han	09
159	Ivo	Ban	13	P4	Mat	Car	10
037	Eva	Tot	01	P4	Mat	Car	10

138

138

## Osnovne projektantske pretpostavke

- Šema BP ( $S, I$ ) treba da zadovolji sledeće kriterijume u odnosu na ( $U, OGR$ )
  - da predstavlja dekompoziciju ŠUR:

$$(\forall N_i \in S)(R_i \neq \emptyset) \wedge \cup_{N_i \in S}(R_i) = U$$

- skup svih ograničenja da bude ekvivalentan polaznom skupu ograničenja  $OGR$

$$\cup_{N_i \in S}(O_i) \cup I \equiv OGR$$

- spojivost bez gubitaka informacija

$$r(U, OGR) = \triangleright \triangleleft_{N_i \in S}(r_i(R_i))$$

139

139

## Integritetna komponenta – zadaci za vežbu

140

### Integritetna komponenta – zadaci za vežbu

- Izračunati zatvarače

1.  $U = \{A, B, C, D, E, F\}$ ,  $F = \{AB \rightarrow AC, CD \rightarrow E, A \rightarrow B, AE \rightarrow F\}$ 
  - a.  $(AD)^+$
2.  $U = \{A, B, C, D, E, F, G\}$ ,  $F = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A, BC \rightarrow D, ACD \rightarrow B, D \rightarrow EG, BE \rightarrow C, CG \rightarrow BD, CE \rightarrow AG\}$ 
  - a.  $(BD)^+$
3.  $U = \{A, B, C, D, E, I, J\}$ ,  $F = \{A \rightarrow B, A \rightarrow C, A \rightarrow E, D \rightarrow C, E \rightarrow I, BI \rightarrow J\}$ 
  - a.  $(AI)^+$
  - b.  $(DJ)^+$
  - c.  $(BE)^+$

141

141

## Integritetna komponenta – zadaci za vežbu

- **Odrediti ključeve**

1.  $U = \{A, B, C, D, E\}$ ,  $F = \{AB \rightarrow CDE, E \rightarrow A, CD \rightarrow B\}$
2.  $U = \{A, B, C, D, E, F\}$ ,  $F = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A, C \rightarrow D, AB \rightarrow E, AB \rightarrow F, E \rightarrow F\}$
3.  $U = \{A, B, C, D, E, F, G, H\}$ ,  $F = \{AB \rightarrow CE, C \rightarrow B, ED \rightarrow F, F \rightarrow G\}$

142

142

## Integritetna komponenta – zadaci za vežbu

- **Dokazati da je FZ logička posledica skupa FZ**

1.  $U = \{A, B, C, D, E\}$ ,  $F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C, AC \rightarrow D, BD \rightarrow E, C \rightarrow E\}$ 
  - a.  $F \models A \rightarrow D$
  - b.  $F \models AD \rightarrow E$
2.  $U = \{A, B, C, D, E, F\}$ ,  $F = \{A \rightarrow F, AB \rightarrow CE, AC \rightarrow D, EB \rightarrow D, D \rightarrow A, F \rightarrow AE\}$ 
  - a.  $F \models AB \rightarrow D$
3.  $U = \{A, B, C, D, E, F, G\}$ ,  $F = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A, BC \rightarrow D, ACD \rightarrow B, D \rightarrow EG, BE \rightarrow C\}$ 
  - a.  $F \models CE \rightarrow B$
  - b.  $F \models BD \rightarrow C$
  - c.  $F \models CE \rightarrow D$
  - d.  $F \models ABG \rightarrow E$
  - e.  $F \models CD \rightarrow B$
4.  $U = \{A, B, C, D, E, F\}$ ,  $F = \{AB \rightarrow AC, CD \rightarrow E, A \rightarrow B, AE \rightarrow F\}$ 
  - a.  $F \models AD \rightarrow F$

143

143

## Literatura

- Pavle Mogin, Ivan Luković: Principi baza podataka
  - Glava 4, Glava 5 i Glava 6
- Codd, E. F. (1990).
  - "The Relational Model for Data Base Management: Version 2", Addison Wesley.