



# Osnove relacionog modela podataka

---

*Strukturalna, operacijska i integritetna komponenta relacionog modela podataka*

## Sadržaj



- Model podataka
- Strukturalna komponenta I
- Operacijska komponenta
- Strukturalna komponenta II
- Integritetna komponenta
- Osnovne projektantske pretpostavke

## 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

## Model podataka



- **Integritetna komponenta**
  - skup tipova ograničenja (uslova integriteta)
  - služi za modeliranje 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

## Sadržaj



- Model podataka
- **Strukturalna komponenta I**
- Operacijska komponenta
- Strukturalna komponenta II
- Integritetna komponenta
- Osnovne projektantske pretpostavke

5

## 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

6

## 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

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

- poznat je skup svih domena sistema

- univerzalni skup domena

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

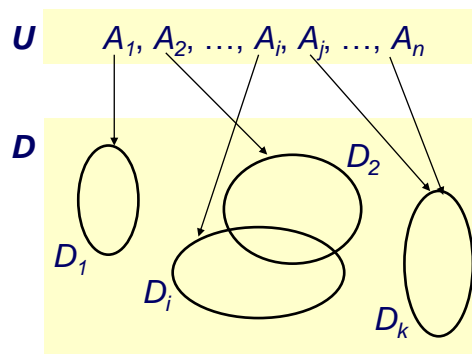
## Strukturalna komponenta I



- Pravilo pridruživanja domena obeležjima

- svakom obeležju obavezno se pridružuje tačno jedan  
domen

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



## Strukturalna komponenta I



- Primer

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

– opis semantike uvedenih obeležja

- *MBR*- matični broj radnika
- *IME* - ime radnika
- *POL* - pol
- *SPR*- šifra projekta
- *NAP*- naziv projekta

## 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  $\{stringovi\ do\ dužine\ 30\}$

## Strukturalna komponenta I



- Primer

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

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

– pridruživanje domena obeležjima

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

## 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  $XY$

## 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

## 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

## 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:
  - $\mathbf{U} = \{A_1, \dots, A_n\}$
  - $\mathbf{DOM} = \cup_{i=1}^n (dom(A_i))$ 
    - skup svih mogućih vrednosti
  - torka predstavlja preslikavanje

$$t: \mathbf{U} \rightarrow \mathbf{DOM},$$
$$(\forall A_i \in \mathbf{U})(t(A_i) \in dom(A_i))$$

## Strukturalna komponenta I



- **Primer**

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

## 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  $t_2$

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

## 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

- $X \subseteq U, t: U \rightarrow DOM,$
- $t[X]: X \rightarrow DOM$

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

## Strukturalna komponenta I



- Primer

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

- Neka je  $X = MBR+IME$

- $t_2[X] = \{(MBR, 210), (IME, Aca)\}$

## Strukturalna komponenta I



- **Relacija**

- nad skupom obeležja  $U$

- 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  $\mathbf{U}$  -  $\text{Tuple}(\mathbf{U})$

## Strukturalna komponenta I



- Primer

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

- $r_1(U) = \{t_1, t_2\}$

- $t_1 = \{(MBR, 101), (IME, Ana), (POL, ž), (SPR, 1100), (NAP, Univerziteti IS)\}$

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

## Strukturalna komponenta I



- Primer

- $R = \{A, B, C\}, R \subseteq U$

- $dom(A) = \{a_1, a_2\}$

- $dom(B) = \{b_1, b_2\}$

- $dom(C) = \{c_1, c_2\}$

- $t_1 = \{(A, a_1), (B, b_1), (C, c_1)\}$

- $t_2 = \{(A, a_2), (B, b_2), (C, c_2)\}$

- $t_3 = \{(A, a_1), (B, b_1), (C, c_2)\}$

- $r(R) = \{t_1, t_2, t_3\}$

## 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

## Strukturalna komponenta I



- Primeri

Radnik	MBR	IME	POL	SPR	NAP
$t_1$	101	Ana	ž	1100	Univerzitetski IS
$t_2$	210	Aca	m	0105	Polaris

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

## Sadržaj



- Model podataka
- Strukturalna komponenta I
- Operacijska komponenta
- Strukturalna komponenta II
- Integritetna komponenta
- Osnovne projektantske pretpostavke

## 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

## Operacijska komponenta



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

## Operacijska komponenta



- Osnovne skupovne operacije nad relacijama

- **Unija**

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

- **Presek**

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

- **Razlika**

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

## Operacijska komponenta



- Primer

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

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

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

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

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

## 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  $F$

## Operacijska komponenta



- Primer

–  $\sigma_F(r(R)), F ::= PLT > 5000$

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

$\sigma_F$

## Operacijska komponenta



- Upit

– prikazati radnike čija je plata veća od 4000 i rade na projektu sa šifrom 11

–  $\sigma_{PLT > 4000 \wedge SPR = 11}(r)$

<i>MBR</i>	<i>IME</i>	<i>POL</i>	<i>SPR</i>	<i>PLT</i>
110	Ivo	m	11	7000
111	Olja	ž	11	7200

## Operacijska komponenta



- **Projekcija (restrikcija) relacije**

- izdvajanje vrednosti pojedinih kolona iz relacije
- projektovanje relacije na podskup skupa obeležja
- $X \subseteq R$

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

## Operacijska komponenta



- **Primer**

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

- **Upit:**

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

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

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

## Operacijska komponenta



- Primer
  - Posmatra se relacija  $r$

$r$	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

## Operacijska komponenta



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

MBR	IME
110	Ivo
111	Olja

## Operacijska komponenta



- **Prirodni spoj relacija**

- spajanje torki različitih relacija po osnovu istih vrednosti zajedničkih obeležja

- Date su relacije  $r(R)$  i  $s(S)$

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

## Operacijska komponenta



- **Primer**

$r$	A	B	C	$s$	B	C	D
	$a_1$	$b_1$	$c_1$		$b_1$	$c_1$	$d_1$
	$a_1$	$b_2$	$c_2$		$b_1$	$c_1$	$d_2$
	$a_1$	$b_3$	$c_3$		$b_3$	$c_3$	$d_3$
					$b_4$	$c_2$	$d_2$

$r \bowtie s$	A	B	C	D
	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$d_1$
	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$d_2$
	$a_1$	$b_3$	$c_3$	$d_3$

## Operacijska komponenta



- Primer

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

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

## Operacijska komponenta



- Primer

### Radnik

MBR	IME	PLT	POL
101	Ana	3400	ž
102	Aca	4200	m
110	Ivo	7000	m
111	Olja	7200	ž

### Radproj

MBR	SPR
101	11
101	14
102	14
110	13
110	11

### Projekat

SPR	NAP
11	X25
13	Polaris
14	Univ. IS

## Operacijska komponenta



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

MBR	SPR	NAP
101	11	X25
101	14	Univ. IS
102	14	Univ. IS
110	13	Polaris
110	11	X25

## Operacijska komponenta



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

MBR	IME
101	Ana
110	Ivo

## 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

$$r(R) \triangleright_{\triangleleft_F} s(S) = \sigma_F(r \times s)$$

## Operacijska komponenta



- **Primer**

- date su relacije

- $r$  - red vožnje *Niš – Beograd*

- $s$  - red vožnje *Beograd - Novi Sad*

$r$	<i>PNI</i>	<i>DBG</i>
	06:00	09:00
	08:00	10:30
	13:00	16:00

$s$	<i>PBG</i>	<i>DNS</i>
	10:00	11:15
	12:00	13:30

## Operacijska komponenta



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

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

## Sadržaj



- Model podataka
- Strukturalna komponenta I
- Operacijska komponenta
- **Strukturalna komponenta II**
- Integritetna komponenta
- Osnovne projektantske pretpostavke

## Strukturalna komponenta II



- **Šema relacije**

- imenovani par

$$N(R, O)$$

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

- **Pojava nad šemom relacije**

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

## 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?

## 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

## Strukturalna komponenta II



- **Primer**

- Zadate 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*.”})
- *Angažovanje*({*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.”})

## 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

## Strukturalna komponenta II

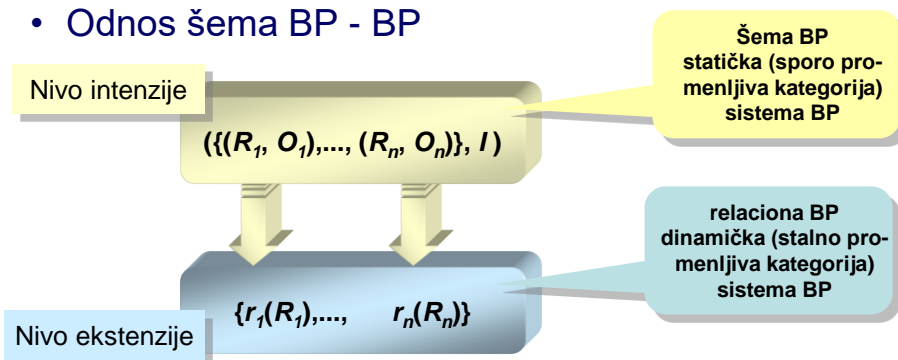


- **Relaciona baza podataka**
  - jedna pojava nad zadatom relacionom šemom baze podataka  $(S, I)$ 
$$s: S \rightarrow \{r_i \mid i \in \{1, \dots, n\}\}, (\forall i) s(R_i, O_i) = r_i$$
  - svakoj šemi relacije iz skupa  $S$  odgovara jedna njena pojava
  - skup relacija  $s$  mora da zadovoljava sva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

## 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



## Strukturalna komponenta II



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

Radnik

MBR	IME	PRZ	DATR
101	Ana	Pap	12.12.65.
102	Aca	Tot	13.11.48.
110	Ivo	Ban	01.01.49.
111	Olja	Kun	06.05.71.

Projekat

SPR	NAP
11	X25
13	Polaris
14	Univ. IS

Angažovanje

MBR	SPR
101	11
101	14
102	14

## 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

## Sadržaj



- Model podataka
- Strukturalna komponenta I
- Operacijska komponenta
- Strukturalna komponenta II
- **Integritetna komponenta**
- Osnovne projektantske pretpostavke

## 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

## 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

## 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

## 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

## 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 torke bilo koje relacije
  - **međurelaciono ograničenje**
    - interpretira se nad barem dve, bilo koje relacije

## 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

## 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*

## 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

## 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

## Integritetna komponenta



- **Specifikacija obeležja šeme relacije**

- $A \in R, N(R, O)$ 
  - zadaje se za svako obeležje šeme relacije

***(id(N, A), Predef)***

- *id(N,A)* - ograničenje vrednosti obeležja
- *Predef* - predefinisana vrednost obeležja

## Integritetna komponenta



- **Ograničenje vrednosti obeležja**

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

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

## 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  $id(N, A)(d)$

## 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 ulozu operanda, da sadrži bilo koje obeležje date šeme relacije
- interpretacija ograničenja
  - moguća za bilo koju torku nad skupom obeležja  $R$ ,  $id(N)(t)$

## 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

## Integritetna komponenta



- Primer

- Radnik({MBR, PRZ, IME, ZAN, BPJZ}, 0)

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

**Uslov:**  $ZAN = 'prg' \Leftrightarrow BPJZ \Leftrightarrow \omega$

## Integritetna komponenta



- **Ključ šeme relacije**

- minimalni podskup skupa obeležja šeme relacije, na osnovu kojeg se jedinstveno može identifikovati svaka toraka 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 toraki (relacija) nad datom šemom relacije

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

## Integritetna komponenta



- **Primer**

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

## 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

## 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

## 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

- $(\forall u, v \in r(R))((\forall A \in X)(u[A] \neq \omega \wedge v[A] \neq \omega) \Rightarrow (u[X] = v[X] \Rightarrow u = v))$

## Integritetna komponenta



- **Ograničenje jedinstvenosti**

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

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

## 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  $Radnik$

## 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

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

## 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

## 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)

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

## 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  $N_j$

## Integritetna komponenta



- **Primer**

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

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

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

## Integritetna komponenta



- Primer

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

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

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

## Integritetna komponenta



- **Ograničenje referencijalnog integriteta**

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

## Integritetna komponenta



- Primer

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

Radnik

MBR	IME	PRZ	DATR
101	Ana	Pap	12.12.65.
102	Aca	Tot	13.11.48.
110	Ivo	Ban	01.01.49.
111	Olja	Kun	06.05.71.

Projekat

SPR	NAP
11	X25
13	Polaris
14	Univ. IS

Angažovanje

MBR	SPR
101	11
101	14
102	14

## 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  $U$
  - 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  $r(U)$

## 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

- $MBR \rightarrow MBR, MBR \rightarrow \emptyset, AB \rightarrow A, \dots$

## 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

## 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

## 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

## 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  $f$
      - $(\forall r \in \text{SAT}(U))(r \models F \Rightarrow r \models f)$
    - 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  $F_1 \models F_2 \wedge F_2 \models F_1$

## 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  $F_1^+ = F_2^+$

## 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

## 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
    - $X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z \mid X \rightarrow Z$

## 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  
 $\{BRI + OZP \rightarrow OCE\} \not\equiv \{BRI \rightarrow OCE, OZP \rightarrow OCE\}$

## 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.  $DG \rightarrow FH?$

## Integritetna komponenta



- **Funkcionalna zavisnost**
  - **Sistem armstrongovih pravila izvođenja je**
    - refleksivnost, proširenje i pseudotranzitivnost
  - **korektan (neprotivurečan)**
    - 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

## Integritetna komponenta



- **Dokaz neredundantnosti**
  - Dovoljno je dokazati da se na osnovu dva pravila ne mogu izvesti posledice trećeg
- **1° neophodnost refleksivnosti**
  - $F = \{A \rightarrow \emptyset\}, A \in U$
  - $F^+_{\{A2, A3\}} = \{X \rightarrow Y \mid Y \subseteq X \wedge A \in X\}$
  - $F^+ = \{X \rightarrow Y \mid Y \subseteq X\}$
  - $\{X \rightarrow Y \mid A \notin X\} \notin F^+_{\{A2, A3\}}$
  - $\{\emptyset \rightarrow \emptyset\} \notin F^+_{\{A2, A3\}}$

## Integritetna komponenta



- **Dokaz neredundantnosti**
- 2° neophodnost proširenja
  - $F = \{A \rightarrow B\}$ ,  $U = \{A, B\}$ ,  $A \neq B$
  - $F^+_{\{A1, A3\}} = \{A \rightarrow B, \emptyset \rightarrow \emptyset, A \rightarrow A, A \rightarrow \emptyset, B \rightarrow \emptyset, B \rightarrow B, AB \rightarrow AB, AB \rightarrow A, AB \rightarrow B, AB \rightarrow \emptyset\}$
  - $\{A \rightarrow AB\} \notin F^+_{\{A1, A3\}}$

## Integritetna komponenta



- **Dokaz neredundantnosti**
- 3° neophodnost pseudo-tranzitivnosti
  - $F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C\}$ ,  $A, B, C \in U$ ,  $A \neq B$ ,  $A \neq C$ ,  $B \neq C$
  - $F^+_{\{A1, A2\}} = \{X \rightarrow Y \mid Y \subseteq X \vee (C \in Y \wedge B \in X) \vee (B \in Y \wedge A \in X)\}$
  - $F^+ \not\supseteq \{A \rightarrow C\}$

## Integritetna komponenta



- **Dokaz neprotivrečnosti**
- 1° neprotivrečnost refleksivnosti sledi iz definicije funkcionalne zavisnosti

## Integritetna komponenta



- **Dokaz neprotivrečnosti**
- 2° neprotivrečnost proširenja
  - p.s.  $r(\mathcal{U}) \vdash X \rightarrow Y \wedge r(\mathcal{U}) \nvdash XV \rightarrow YW, W \subseteq V$
  - $\exists s, t \in r(\mathcal{U}) \ s[XV] = t[XV] \wedge s[YW] \neq t[YW]$   
 $\wedge s[X] = t[X] \wedge s[Y] = t[Y]$
  - $s[YW] \neq t[YW] \wedge s[Y] = t[Y] \Rightarrow s[W] \neq t[W]$
  - Kontradikcija sa  $W \subseteq V \wedge s[XV] = t[XV]$

## Integritetna komponenta



- **Dokaz neprotivrečnosti**
- 3° neprotivrečnost pseudo-tranzitivnosti
  - p.s.  $r(\mathbf{U}) \vdash X \rightarrow Y \wedge r(\mathbf{U}) \vdash YV \rightarrow Z$   
 $\wedge r(\mathbf{U}) \not\vdash XV \rightarrow Z$
  - $\exists s, t \in r(\mathbf{U}) \ s[XV] = t[XV] \wedge s[Z] \neq t[Z]$
  - $r(\mathbf{U}) \vdash YV \rightarrow Z \Rightarrow s[YV] \neq t[YV]$
  - $s[XV] = t[XV] \wedge s[YV] \neq t[YV] \Rightarrow s[Y] \neq t[Y]$
  - $s[XV] = t[XV] \Rightarrow s[X] = t[X]$
  - Kontradikcija sa  $X \rightarrow Y$

## Integritetna komponenta



- **Zatvarač (zatvorenje) skupa obeležja**
  - skup svih obeležja koja funkcionalno zavise od  $X$
  - $X_{F^+} = \{A \in \mathbf{U} \mid X \rightarrow A \in F^+\}$
- **Algoritam za izračunavanje zatvarača  $X_{F^+}$** 
  - $X_0 \leftarrow X$
  - $(\text{Za } i \geq 0)(X_{i+1} \leftarrow X_i \cup \{A \in \mathbf{U} \mid (\exists V \rightarrow W \in F)(V \subseteq X_i \wedge A \in W)\})$
  - $(\text{Za } n \geq 0)(X_{n+1} = X_n \Rightarrow X_{F^+} = X_n)$

## Integritetna komponenta



- **Dokaz kompletnosti**
- treba dokazati  $F^A = F^+$ , tj.  $F^+ \subseteq F^A$ , za proizvoljni  $F \subseteq F(U)$
- $F(U) \setminus F^A \subseteq F(U) \setminus F^+$
- odnosno:  $X \rightarrow Y \in F(U) \setminus F^A \Rightarrow X \rightarrow Y \in F(U) \setminus F^+$
- $X \rightarrow Y \in F(U) \setminus F^A \Rightarrow \exists A \mid A \in Y \wedge X \rightarrow A \in F(U) \setminus F^A$
- cilj:  $X \rightarrow A \in F(U) \setminus F^+$

## Integritetna komponenta



- **Dokaz kompletnosti**
- za odabrani  $X$  iz  $X \rightarrow A \in F(U) \setminus F^A$  konstruišemo  $r(U)$  koja zadovoljava  $F$

	$X^+$	$U \setminus X^+$
<b>u</b>	0	0
<b>v</b>	0	1

## Integritetna komponenta



- **Dokaz kompletnosti**

- dokazati da  $r(U)$  zadovoljava izabrani  $F$
- p.s.  $r(U) \not\models W \rightarrow Z \in F \Rightarrow W \subseteq X^+, Z \cap (U \setminus X^+) \neq \emptyset$
- $B \in Z \cap (U \setminus X^+)$
- $W \subseteq X^+ \Rightarrow X \rightarrow W \in F^A$
- A1:  $Z \rightarrow B$
- A3:  $X \rightarrow W \wedge W \rightarrow Z \wedge Z \rightarrow B \Rightarrow X \rightarrow B$
- kontradikcija:  $B \notin X^+$

## Integritetna komponenta



- **Dokaz kompletnosti**

- $X \rightarrow A \in F(U) \setminus F^A \Rightarrow A \notin X^+$
- $u[X] = v[X] \wedge u[A] \neq v[A]$
- $r(U) \not\models X \rightarrow A$
- $F^+ \not\models X \rightarrow A \Rightarrow X \rightarrow A \in F(U) \setminus F^+$
- *š.t.d.*

## Integritetna komponenta



- **Ključ šeme relacije i FZ**
  - $X$  je ključ šeme relacije  $(R, F)$ , ako važi
    - $1^0$  iz  $F$  sledi  $X \rightarrow R$  ( $X \rightarrow R \in F^+$ )
    - $2^0$   $X$  je minimalni skup obeležja s osobinom  $1^0$ 
      - $\neg(\exists X' \subset X)(X' \rightarrow R \in F^+)$
- **Zatvarač (zatvorenje) skupa obeležja**
  - skup svih obeležja koja funkcionalno zavise od  $X$
  - $X_{F^+} = \{A \in U \mid X \rightarrow A \in F^+\}$

## Integritetna komponenta



- **Algoritam za izračunavanje zatvarača  $X_{F^+}$** 
  - $X_0 \leftarrow X$
  - (Za  $i \geq 0$ )  $X_{i+1} \leftarrow X_i \cup \{A \in U \mid (\exists V \rightarrow W \in F)(V \subseteq X_i \wedge A \in W)\}$
  - (Za  $n \geq 0$ )  $(X_{n+1} = X_n \Rightarrow X_{F^+} = X_n)$
- **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  $X$ ,  $K \leftarrow \{X\}$ 
    - $(\forall X \in K)(\forall V \rightarrow W \in F)(X \cap W \neq \emptyset \Rightarrow X_{newk} \leftarrow (X \setminus W) \cup W)$
    - Redukcija:  $Red(X_{newk})$ :  $K \leftarrow K \cup \{Red(X_{newk})\}$

## 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

## 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!

## Integritetna komponenta



- **Dokaz algoritma za izračunavanje ključeva**
  - Po definiciji, redukcija će pronaći prvi ključ  $K_i$
  - $K_i \rightarrow R$ ,
  - $V \rightarrow W, W \cap K_i \neq \emptyset \Rightarrow V(K_i \setminus W) \rightarrow R$  (pseudo-tranzitivnost)
  - $V(K_i \setminus W)$  je superključ od  $R$  i redukcija će dovesti do ključa

## Integritetna komponenta



- **Dokaz algoritma za izračunavanje ključeva**
  - Svaki alternativni ključ,  $K_j$ , mora zadovoljiti sledeću osobinu:
    - $K_j \setminus K_i \neq \emptyset$
  - Pošto je skup Armstrongovih pravila kompletan, a  $K_i \rightarrow R$  je funkcionalna zavisnost, mora postojati niz primena Armstrongovih pravila koji će dati funkcionalnu zavisnost  $K_j \rightarrow R$
  - Jedino pravilo koja može da generiše  $K_j$  sa željenim osobinama, tj. zameni obeležje sa leve strane fz, je pseudo-tranzitivnost
    - Primena druga dva pravila ne prave levu stranu fz koja može zadovoljiti uslov  $K_j \setminus K_i \neq \emptyset$
  - Algoritam će se završiti jer je partitivni skup  $P(U)$  konačan

## 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**

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

## Sadržaj



- Model podataka
- Strukturalna komponenta I
- Operacijska komponenta
- Strukturalna komponenta II
- Integritetna komponenta
- Osnovne projektantske pretpostavke

## Osnovne projektantske pretpostavke



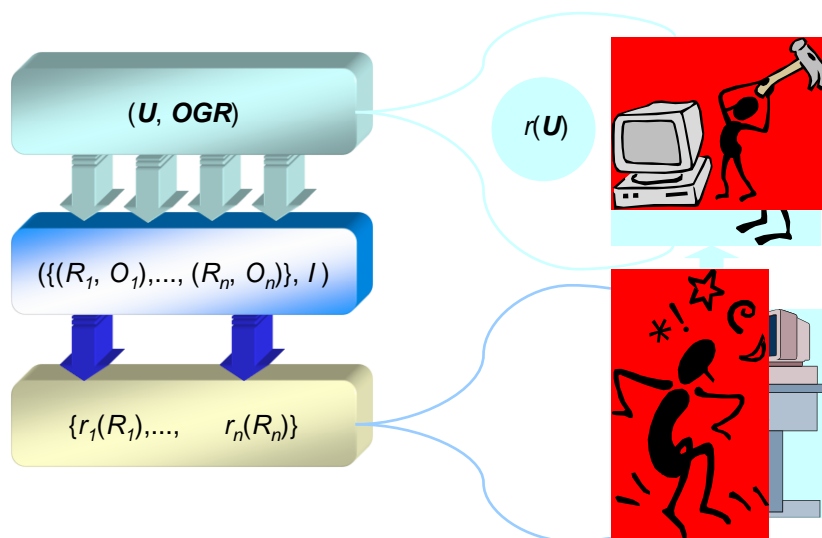
- **Pretpostavka o postojanju šeme univerzalne relacije (ŠUR)**
  - **$U$**  - univerzalni skup obeležja
  - **$OGR$**  - skup svih ograničenja realnog sistema
  - **šema univerzalne relacije**  
 **$(U, OGR)$**
  - pretpostavka da uvek egzistira u imaginarnom svetu
  - Posledica
    - jedinstvena uloga 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

## 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 relacione baze podataka nad  $(S, I)$  treba, u informativnom smislu, da odgovara sadržaju univerzalne relacije

## Osnovne projektantske pretpostavke



## 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

## 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

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

## Sadržaj



- Model podataka
- Strukturalna komponenta I
- Operacijska komponenta
- Strukturalna komponenta II
- Integritetna komponenta
- Osnovne projektantske pretpostavke

## Literatura



- Pavle Mogin, Ivan Luković: Principi baza podataka
  - Poglavlje 4.2, Glava 5 i Glava 6

BP – Konceptija BP

126

## Pitanja i komentari



BP – Osnove RMP

127

Kraj prezentacije

Baze podataka



## Osnove relacionog modela podataka

---

*Strukturalna, operacijska i  
integritetna komponenta  
relacionog modela podataka*

BP – Osnove RMP