



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

- Integrirana 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

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

Strukturalna komponenta I

- Polazna pretpostavka strukturalne komponente RMP

- na kojoj se zasnivaju neke tehnike projektovanja relacije šeme BP

- poznat je skup svih obeležja sistema

- **univerzalni skup obeležja**

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

- poznat je skup svih domena sistema

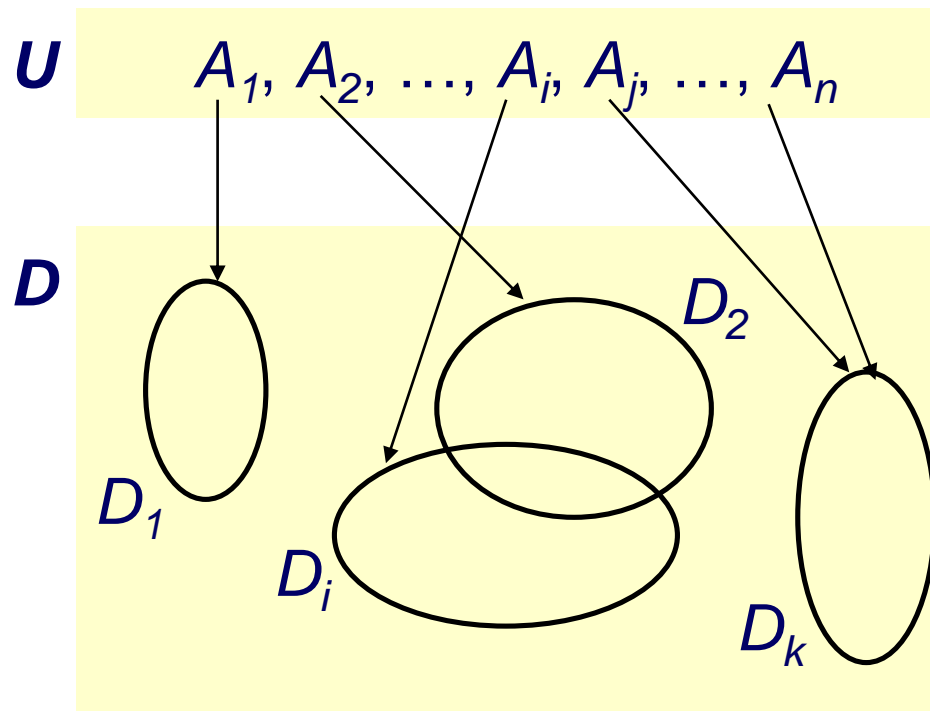
- **univerzalni skup domena**

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

Strukturalna komponenta I

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

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



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 $\{m, \check{z}\}$
- *DNAP* – domena za nazive projekata $\{\text{stringovi do du\text{ž}ine 30}\}$

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

- Domen
- Obeležje
- Skup obeležja
- Šema relacije
- Šema BP

Nivo ekstenzije

- Vrednost
- Podatak
- Torka (N-torka)
- Relacija
- 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
 - $t_1(MBR) = 101$
 - $t_1(IME) = Ana$
 - $t_1(SPR) = 1100$
 - $t_1(POL) = \check{z}$
 - $t_1(NAP) = Univerzitetski IS$

Strukturalna komponenta I

- Primer
 - Torka t_1 može se prikazati kao skup podataka

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

- Zadata 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 \mathbf{U}
- predstavlja konačan skup torki
- reprezentuje skup realnih entiteta ili poveznika
- formalno

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



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

Strukturalna komponenta I

- Primer

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

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

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

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

Strukturalna komponenta I

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

Strukturalna komponenta I

- U relaciji se ne mogu pojaviti dve identične torke
 - to je onda ista toraka, 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

<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

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 formiranje operanada upita - izraza
 - pravila za primenu tih operatora
- Vrste teoretskih upitnih jezika u RMP
 - relacionala 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

σ_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:
- $\pi_{PA}(r(PAL))$

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

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

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
 - $F ::= PLT > 4000 \wedge SPR = 11$
 - $\pi_{MBR+IME}(\sigma_F(r))$

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

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	\longleftrightarrow		b_1	c_1	d_1
	a_1	b_2	c_2	\searrow		b_1	c_1	d_2
	a_1	b_3	c_3	\longleftrightarrow		b_3	c_3	d_3
						b_4	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_1	d_2
	a_1	b_3	c_3	d_3

Operacijska komponenta

- Primer

r	A	B		s	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

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

Radproj

<i>MBR</i>	<i>SPR</i>
101	11
101	14
102	14
110	13
110	11

Projekat

<i>SPR</i>	<i>NAP</i>
11	X25
13	Polaris
14	Univ. IS

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

Operacijska komponenta

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

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

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*

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

<i>s</i>	<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 ograničenja šeme relacije

- **Pojava nad šemom relacije**

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

Strukturalna komponenta II

- Primer

- Data je šema relacije

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

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

<i>Let1</i>	<i>P</i>	<i>A</i>	<i>L</i>
	<i>Pop</i>	<i>747</i>	<i>101</i>
	<i>Pop</i>	<i>747</i>	<i>102</i>
	<i>Ana</i>	<i>737</i>	<i>103</i>

<i>Let2</i>	<i>P</i>	<i>A</i>	<i>L</i>
	<i>Pop</i>	<i>747</i>	<i>101</i>
	<i>Pop</i>	<i>737</i>	<i>102</i>
	<i>Ana</i>	<i>737</i>	<i>103</i>

- 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
 - 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.”})*
 - *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
 - $S = \{Radnik, Projekat, Angažovanje\}$
 - $I = \{$
 - “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**

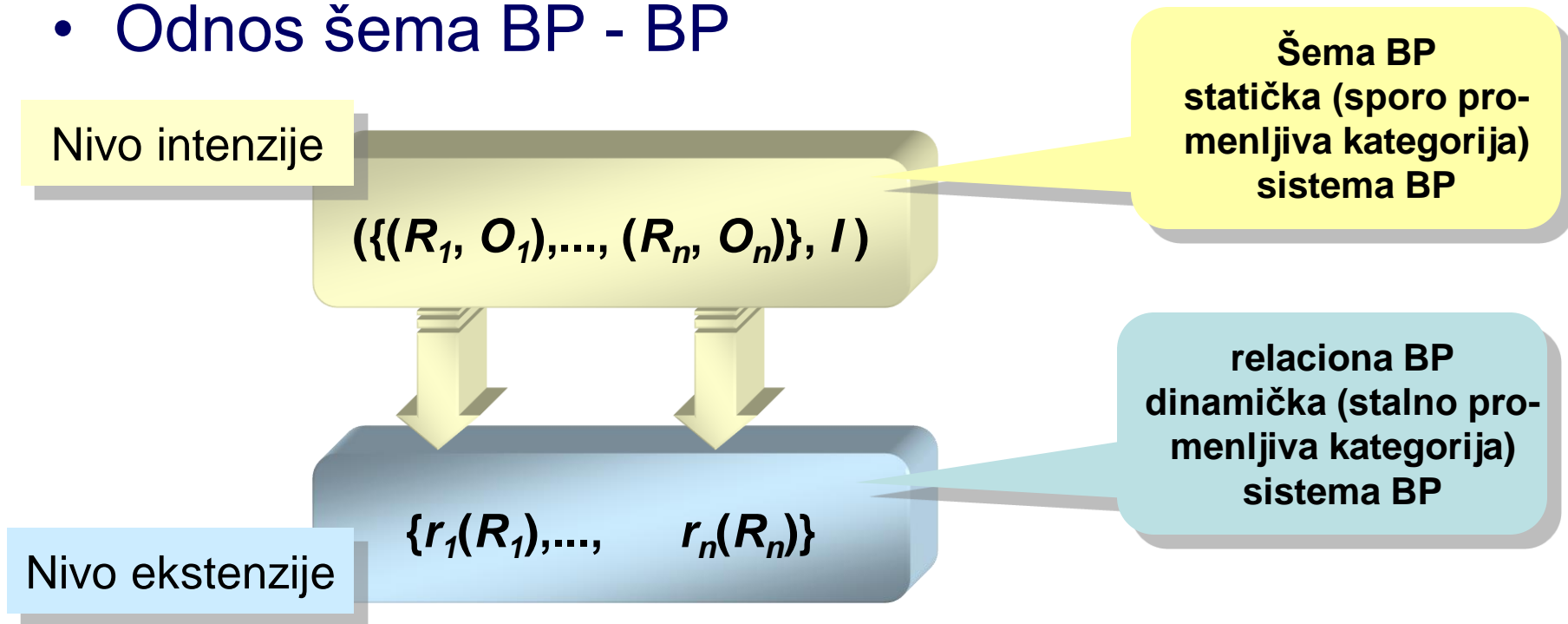
- jedna pojava nad zadatom relacionom šemom baze podataka (S, I)

$$s: S \rightarrow \{r_i \mid i \in \{1, \dots, n\}\}, (\forall i) s(R_i, O_i) = r_i$$

- 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

<i>MBR</i>	<i>IME</i>	<i>PRZ</i>	<i>DATR</i>
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

<i>SPR</i>	<i>NAP</i>
11	X25
13	Polaris
14	Univ. IS

Angažovanje

<i>MBR</i>	<i>SPR</i>
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 torki 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

- $DPrezime((String, 30, \Delta), \Delta)$
- $DDatum((Date, \Delta, d \geq '01.01.1900'), \Delta)$
- $DOcena((Number, 2, d \geq 5 \wedge d \leq 10), \Delta)$
- $DPozOcena((DOcena, \Delta, d \geq 6), 6)$
 - Δ - komponenta u specifikaciji nije zadata

Integritetna komponenta

- **Nula (nedostajuća, izostavljena) vrednost**
 - specijalna vrednost
 - označava se posebnim simbolom
 - ω , 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
 - $(id(N, A), Predef)$**
 - $id(A)$ - 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 toraka 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
 - $\text{Radnik}(\{MBR, PRZ, IME, ZAN, BPJZ\}, 0)$

<i>Domen</i>	<i>Tip</i>	<i>Dužina</i>	<i>Uslov</i>	<i>Predef</i>
<i>MBRD</i>	<i>Number</i>	<i>4</i>	$d \geq 0$	Δ
<i>PRZD</i>	<i>String</i>	<i>30</i>	Δ	Δ
<i>IMED</i>	<i>String</i>	<i>15</i>	Δ	Δ
<i>ZAND</i>	<i>String</i>	<i>3</i>	Δ	Δ
<i>BPJZD</i>	<i>Number</i>	<i>2</i>	$d \geq 0$	<i>0</i>

Integritetna komponenta

- Primer
 - $\text{Radnik}(\{MBR, PRZ, IME, ZAN, BPJZ\}, 0)$

<i>Radnik</i>	<i>Domen</i>	<i>Null</i>	<i>Uslov</i>	<i>Predef</i>
<i>MBR</i>	<i>MBRD</i>	\perp	$MBR < 1000$	Δ
<i>PRZ</i>	<i>PRZD</i>	\perp	Δ	Δ
<i>IME</i>	<i>IMED</i>	\perp	Δ	Δ
<i>ZAN</i>	<i>ZAND</i>	\perp	Δ	Δ
<i>BPJZ</i>	<i>BPJZD</i>	\top	Δ	0

Uslov: $ZAN = \text{'prg'} \Leftrightarrow BPJZ \neq \omega$

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
 - $1^0 \quad (\forall u, v \in r(R))(u[X] = v[X] \Rightarrow u = v)$
 - $2^0 \quad (\forall Y \subset X)(\neg 1^0)$
- oblast interpretacije
 - skup torki (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

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

Integritetna komponenta

- Primer

Radnik({*MBR*, *PRZ*, *IME*, *ZAN*, *BPJZ*, *JMBG*},

$K \cup \text{Uniq} \cup \{id(R)\}$)

- $K = \{MBR\}$
- $\text{Uniq} = \{\text{Unique}(\text{Radnik}, JMBG)\}$
- $id(R)$ - 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

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

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

$$(\forall l \in \{1, \dots, n\})(\text{dom}(A_l) \subseteq \text{dom}(B_l))$$

- 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	ω

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_i - **referencirajuća šema relacije**
 - N_j - **referencirana šema relacije**

Integritetna komponenta

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

Radnik

<i>MBR</i>	<i>IME</i>	<i>PRZ</i>	<i>DATR</i>
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

<i>SPR</i>	<i>NAP</i>
11	X25
13	Polaris
14	Univ. IS

Angažovanje

<i>MBR</i>	<i>SPR</i>
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 \mathbf{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 $r(M)$ ili $r(\mathbf{U})$

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

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

- **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 pseudotranizitivnost
 - **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. $r(U) \vdash X \rightarrow Y \wedge r(U) \not\vdash XV \rightarrow YW, W \subseteq V$
 - $\exists s, t \in r(U) \ s[XV] = t[XV] \wedge s[YW] \neq t[YW]$
 $\wedge s[X] = t[X] \wedge s[Y] = t[Y]$
 - $s[YW] \neq t[YW] \wedge s[Y] = t[Y] \Rightarrow s[W] \neq t[W]$
 - Kontradikcija sa $W \subseteq V \wedge s[XV] = t[XV]$

Integritetna komponenta

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

Integritetna komponenta

- **Zatvarač (zatvorenje) skupa obeležja**
 - skup svih obeležja koja funkcionalno zavise od X
 - $X_F^+ = \{A \in \mathbf{U} \mid X \rightarrow A \in \mathbf{F}^+\}$
- **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^+	$U \setminus X^+$
u	0	0
v	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**
- $X \rightarrow A \in F(U) \setminus F^+ \Rightarrow A \notin X^+$
- $u[X] = v[X] \wedge u[A] \neq v[A]$
- $r(U) \not\models X \rightarrow A$
- $F^+ \not\models X \rightarrow A \Rightarrow X \rightarrow A \in F(U) \setminus F^+$
- *š.t.d.*

Integritetna komponenta

- **Nepotpuna FZ**

- $X \rightarrow Y \in \mathbf{F}$ je nepotpuna
 - ako sadrži logički suvišno obeležje na levoj strani
 - $(\exists X' \subset X)(X' \rightarrow Y \in \mathbf{F}^+)$
- Primer
 - $BRI + IME \rightarrow PRZ$, zbog $BRI \rightarrow IME$
 - redukuje se u $BRI \rightarrow PRZ$

- **Tranzitivna FZ**

- $X \rightarrow Z$ tranzitivna
 - ako važi $X \rightarrow Y \in \mathbf{F}^+$ i $Y \rightarrow Z \in \mathbf{F}^+$, a ne važi da je $Y \rightarrow X \in \mathbf{F}^+$
- Primer
 - $NAS \rightarrow OZP, OZP \rightarrow NAP, \neg(OZP \rightarrow NAS)$
 - $NAS \rightarrow NAP$ je tranzitivna i logički suvišna

Integritetna komponenta

- **Ključ šeme relacije i FZ**

- X je ključ šeme relacije (R, \mathbf{F}) , ako važi
 - 1^0 iz \mathbf{F} sledi $X \rightarrow R$ ($X \rightarrow R \in \mathbf{F}^+$)
 - 2^0 X je minimalni skup obeležja s osobinom 1^0
 - $\neg(\exists X' \subset X)(X' \rightarrow R \in \mathbf{F}^+)$

- **Zatvarač (zatvorenje) skupa obeležja**

- skup svih obeležja koja funkcionalno zavise od X
- $X_F^+ = \{A \in \mathbf{U} \mid X \rightarrow A \in \mathbf{F}^+\}$

Integritetna komponenta

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

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

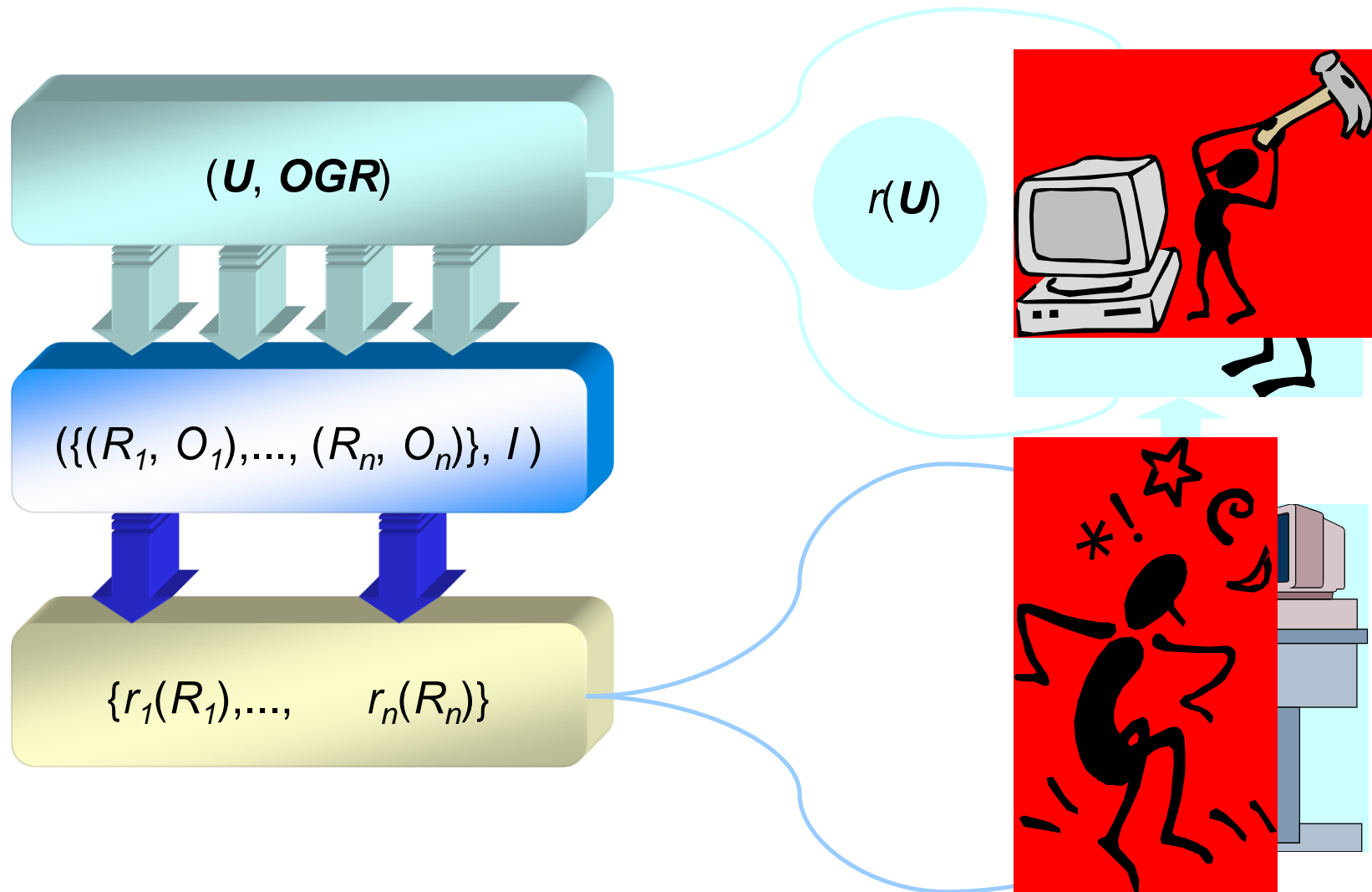
- **Univerzalna relacija**

- pojava nad ŠUR, $r(\mathbf{U}, \mathbf{OGR})$
- 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

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 (\mathbf{U}, \mathbf{OGR})

- da predstavlja dekompoziciju ŠUR:

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

- skup svih ograničenja da bude ekvivalentan polaznom skupu ograničenja \mathbf{OGR}

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

- spojivost bez gubitaka informacija

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

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

Pitanja i komentari



Osnove relacionog modela podataka

*Strukturalna, operacijska i
integritetna komponenta
relacionog modela podataka*