



## Projektovanje šeme relacione BP

---

*Anomalije ažuriranja,  
normalne forme,  
dekompozicija*

# Sadržaj

- Anomalije ažuriranja
- Osnovni projektantski kriterijumi
- Spojivost bez gubitaka
- Očuvanje skupa ograničenja
- Normalne forme i normalizacija
- Metoda dekompozicije
- Završne napomene

# Anomalije ažuriranja

---

- **Motivacija za potrebu projektovanja šeme BP**
  - šema univerzalne relacije (***U***, ***OGR***) se, praktično, ne može implementirati, jer
    - skupovi ***U*** i ***OGR*** su preglomazni (i do nekoliko hiljada obeležja i ograničenja)
    - nemoguće je (***U***, ***OGR***) sagledati u celini, a to nema ni logičkog smisla
    - univerzalna relacija bi bila, takođe, prevelika
    - javljaju se anomalije ažuriranja
    - javlja se nepotrebna redundansa podataka

# Anomalije ažuriranja

---

- **Vrste anomalija ažuriranja**
  - anomalije upisa
  - anomalije brisanja
  - anomalije modifikacije (redundanse)

# Anomalije ažuriranja

---

- **Anomalije upisa**

- moraju se, pri pokušaju upisa podataka o jednom entitetu, znati vrednosti obeležja svih povezanih entiteta
- potrebno je zadati sve vrednosti obeležja ključa
  - a neke od njih, međutim, nisu poznate u trenutku upisa

- **Anomalije brisanja**

- brisanjem jedne torke gube se, na neželjen način, informacije o različitim realnim entitetima
  - koji su povezani sa entitetom kojeg reprezentuje brisana torka

# Anomalije ažuriranja

---

- **Anomalije modifikacije (redundanse)**
  - modifikacija vrednosti obeležja istog realnog entiteta obavlja se na više mesta u relaciji
    - jer se nepotrebno ponavlja na više mesta u relaciji
  - često, za takvu operaciju, zahteva se prolaz kroz celu relaciju

# Anomalije ažuriranja

---

- Primer
  - semantika obeležja koja postoje u univerzalnom skupu obeležja ***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

# Anomalije ažuriranja

- 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



# Anomalije ažuriranja

---

- 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

- vrlo bitan za sagledavanje anomalija ažuriranja

# Anomalije ažuriranja

---

- Primer nekih anomalija ažuriranja
  - Ne mogu se upisati podaci o novom studentu, dok student ne položi makar jedan ispit
    - $K_3 = BRI + OZP$
  - Brisanjem poslednjeg položenog ispita nekog studenta, gube se i osnovni podaci (*IME*, *PRZ* i *BPI*) o studentu
    - $K_3 = BRI + OZP$
  - Promena prezimena jednog studenta se mora sprovesti u više od jedne torke

# Sadržaj

---

- Anomalije ažuriranja
- Osnovni projektantski kriterijumi
- Spojivost bez gubitaka
- Očuvanje skupa ograničenja
- Normalne forme i normalizacija
- Metoda dekompozicije
- Završne napomene

# Osnovni projektantski kriterijumi

---

- U teoriji RMP polazi se od pretpostavke
  - da jedna šema relacije (***U***, ***OGR***) predstavlja inicijalni model realnog sistema
- Projektovanje šeme BP
  - može se vršiti dekomponovanjem (rastavljanjem) šeme relacije (***U***, ***OGR***) na više drugih šema relacija relacione šeme BP (***S***, ***I***)

# Osnovni projektantski kriterijumi

- Šema BP ( $S, I$ ) treba da zadovolji sledeće kriterijume u odnosu na ( $\mathbf{U}, \mathbf{OGR}$ )

- **(K1)**

- da predstavlja dekompoziciju ŠUR

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

- **(K2)**

- da se garantuje spojivost bez gubitaka informacija

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

# Osnovni projektantski kriterijumi

- Šema BP ( $S, I$ ) treba da zadovolji sledeće kriterijume u odnosu na ( $U, OGR$ )
  - **(K3)**
    - skup svih ograničenja da bude ekvivalentan polaznom skupu ograničenja **OGR**
$$\cup_{N_i \in S} (O_i) \cup I \equiv \mathbf{OGR}$$
  - **(K4)**
    - da se otklone sve anomalije ažuriranja
- U praksi je, često, nemoguće, ili nepotrebno strogo ispoštovati kriterijume **K1-K4**
  - kriterijumi se mogu, po potrebi, “oslabiti”

# Osnovni projektantski kriterijumi

- Pojmovi relacionog MP, važni za projektovanje relacione šeme BP
  - funkcionalna zavisnost  $X \rightarrow Y$ ,  $XY \subseteq U$   
$$(\forall u, v \in r)(u[X] = v[X] \Rightarrow u[Y] = v[Y])$$
  - projekcija skupa fz  $F$  na skup obeležja  $X \subseteq U$   
$$F|_X = \{V \rightarrow W \mid F \models V \rightarrow W \wedge VW \subseteq X\}$$
  - projekcija relacije  $r$  na skup obeležja  $X \subseteq R$   
$$\pi_X(r(R)) = \{t[X] \mid t \in r(R)\}$$
  - prirodni spoj relacija  $r_1(R_1, F_1)$  i  $r_2(R_2, F_2)$   
$$r_1 \triangleright \triangleleft r_2 = \{t \mid t[R_1] \in r_1 \wedge t[R_2] \in r_2\}$$

# Sadržaj

---

- Anomalije ažuriranja
- Osnovni projektantski kriterijumi
- Spojivost bez gubitaka
- Očuvanje skupa ograničenja
- Normalne forme i normalizacija
- Metoda dekompozicije
- Završne napomene



# Spojivost bez gubitaka

---

- Motivacija problema
  - prirodni spoj služi za dobijanje odgovora na upite koji traže spajanje baznih relacija
  - bazne relacije su dobijene od hipotetičke univerzalne relacije
    - dekomponovanjem, primenom operatora projekcije
  - prirodnim spajanjem relacija bi se morala dobiti hipotetička univerzalna relacija
  - nažalost, nije uvek tako

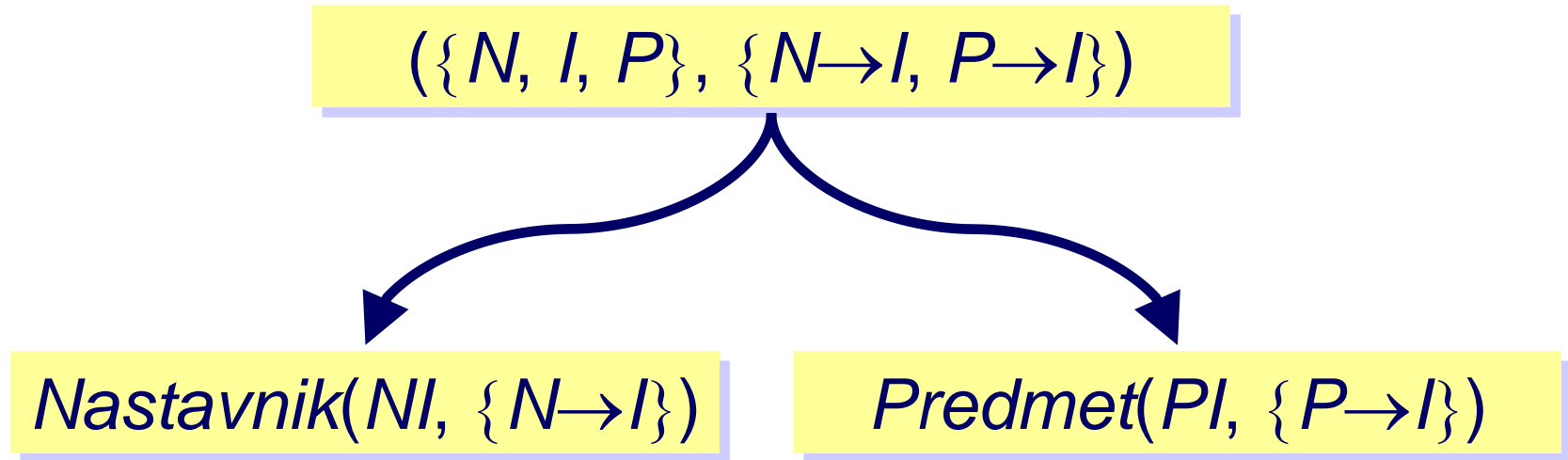
# Spojivost bez gubitaka

---

- Primer
  - $(\mathbf{U}, \mathbf{F})$ ,  $\mathbf{U} = \{N, I, P\}$ ,  $\mathbf{F} = \{N \rightarrow I, P \rightarrow I\}$ 
    - $N$  - nastavnik
    - $I$  - institut
    - $P$  - predmet
  - semantika fz
    - nastavnik radi na tačno jednom institutu
    - predmet pripada tačno jednom institutu

# Spojivost bez gubitaka

- Moguća dekompozicija ( $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{F}$ )



# Spojivost bez gubitaka

Polazna relacija

$r$	$N$	$I$	$P$
	$n_1$	$i_1$	$p_1$
	$n_1$	$i_1$	$p_2$
	$n_2$	$i_1$	$p_1$
	$n_3$	$i_2$	$p_3$

Bazne relacije

$r(NI)$	$N$	$I$
	$n_1$	$i_1$
	$n_2$	$i_1$
	$n_3$	$i_2$

$r(PI)$	$P$	$I$
	$p_1$	$i_1$
	$p_2$	$i_1$
	$p_3$	$i_2$

# Spojivost bez gubitaka

- Posmatra se upit

**SELECT** N, I, P

**FROM** Nastavnik **NATURAL JOIN** Predmet

(alternativno, **WHERE** Nastavnik.I = Predmet.I)

$r(NI) \triangleright \triangleleft r(PI)$	<i>N</i>	<i>I</i>	<i>P</i>
	$n_1$	$i_1$	$p_1$
	$n_1$	$i_1$	$p_2$
	$n_2$	$i_1$	$p_1$
	$n_2$	$i_1$	$p_2$
	$n_3$	$i_2$	$p_3$

# Spojivost bez gubitaka

$r$	$N$	$I$	$P$
	$n_1$	$i_1$	$p_1$
	$n_1$	$i_1$	$p_2$
	$n_2$	$i_1$	$p_1$
	$n_3$	$i_2$	$p_3$

$r(NI) \triangleright \triangleleft r(PI)$	$N$	$I$	$P$
	$n_1$	$i_1$	$p_1$
	$n_1$	$i_1$	$p_2$
	$n_2$	$i_1$	$p_1$
	$n_2$	$i_1$	$p_2$
	$n_3$	$i_2$	$p_3$

# Spojivost bez gubitaka

---

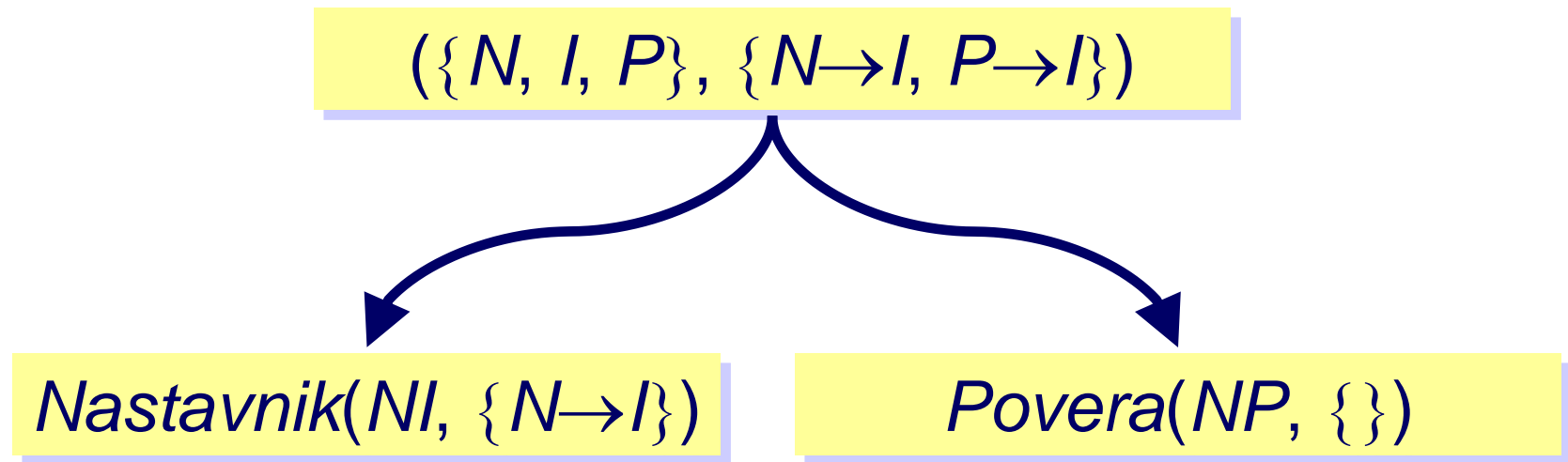
- Javila se lažna toraka

$$(n_2, i_1, p_2)$$

- što predstavlja gubitak informacije
  - zbog viška podataka
- ne zna se koje torke predstavljaju tačne, a koje lažne podatke
  - $r(NPI) \neq r(NI) \triangleright \triangleleft r(PI)$

# Spojivost bez gubitaka

- Druga moguća dekompozicija ( $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{F}$ )





# Spojivost bez gubitaka

$r(NI)$	$N$	$I$
	$n_1$	$i_1$
	$n_2$	$i_1$
	$n_3$	$i_2$

$r(NP)$	$N$	$P$
	$n_1$	$p_1$
	$n_1$	$p_2$
	$n_2$	$p_1$
	$n_3$	$p_3$

$r(NI) \triangleright \triangleleft r(NP)$	$N$	$I$	$P$
	$n_1$	$i_1$	$p_1$
	$n_1$	$i_1$	$p_2$
	$n_2$	$i_1$	$p_1$
	$n_3$	$i_2$	$p_3$

# Spojivost bez gubitaka

$r$	$N$	$I$	$P$
	$n_1$	$i_1$	$p_1$
	$n_1$	$i_1$	$p_2$
	$n_2$	$i_1$	$p_1$
	$n_3$	$i_2$	$p_3$

$r(NI) \triangleright \triangleleft r(NP)$	$N$	$I$	$P$
	$n_1$	$i_1$	$p_1$
	$n_1$	$i_1$	$p_2$
	$n_2$	$i_1$	$p_1$
	$n_3$	$i_2$	$p_3$

# Spojivost bez gubitaka

---

- Spojivost bez gubitaka je, u slučaju primene drugog načina dekomponovanja, očuvana
  - $r(NPI) = r(NI) \triangleright \triangleleft r(NP)$
- Zapažanje
  - ključ šeme relacije *Nastavnik* sadržan je u šemi relacije *Povera*:

$$N \subseteq NI \cap NP$$

# Spojivost bez gubitaka

- Pravilo za dekomponovanje i spajanje bez gubitaka za dve šeme relacije
  - pri projektovanju šeme BP, polazni ( $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{F}$ ) treba dekomponovati na šeme relacije
$$(R_1, F_1) \text{ i } (R_2, F_2)$$
  - tako da bude zadovoljeno
    - $R_1 \cup R_2 = \mathbf{U}$
    - $K_1 \subseteq R_1 \cap R_2$  ili  $K_2 \subseteq R_1 \cap R_2$ 
      - $K_1$  - ključ šeme relacije  $(R_1, F_1)$ ,  $K_2$  - ključ šeme relacije  $(R_2, F_2)$
    - jedna šema relacije mora sadržati ključ druge šeme relacije
  - relacije nad  $(R_1, F_1)$  i  $(R_2, F_2)$  se smeju spajati samo ako važi

$$K_1 \subseteq R_1 \cap R_2 \text{ ili } K_2 \subseteq R_1 \cap R_2$$

# Spojivost bez gubitaka

## • Teorema o spojivosti bez gubitaka

– dati su  $(\mathbf{U}, \mathbf{F})$ ,  $(R_1, F_1)$  i  $(R_2, F_2)$ , tako da je

- $R_1 \cup R_2 = \mathbf{U}$
- $F_1 = F|_{R_1}$  i  $F_2 = F|_{R_2}$

–  $\triangleright\triangleleft(R_1, R_2)$  označava zavisnost spoja

- kojom se garantuje spojivost bez gubitaka za  $(\mathbf{U}, \mathbf{F})$ ,  $(R_1, F_1)$  i  $(R_2, F_2)$

– važi ekvivalencija

- $\mathbf{F} \models \triangleright\triangleleft(R_1, R_2)$  akko
- $\mathbf{F} \models R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 \setminus R_2 \vee \mathbf{F} \models R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 \setminus R_1$

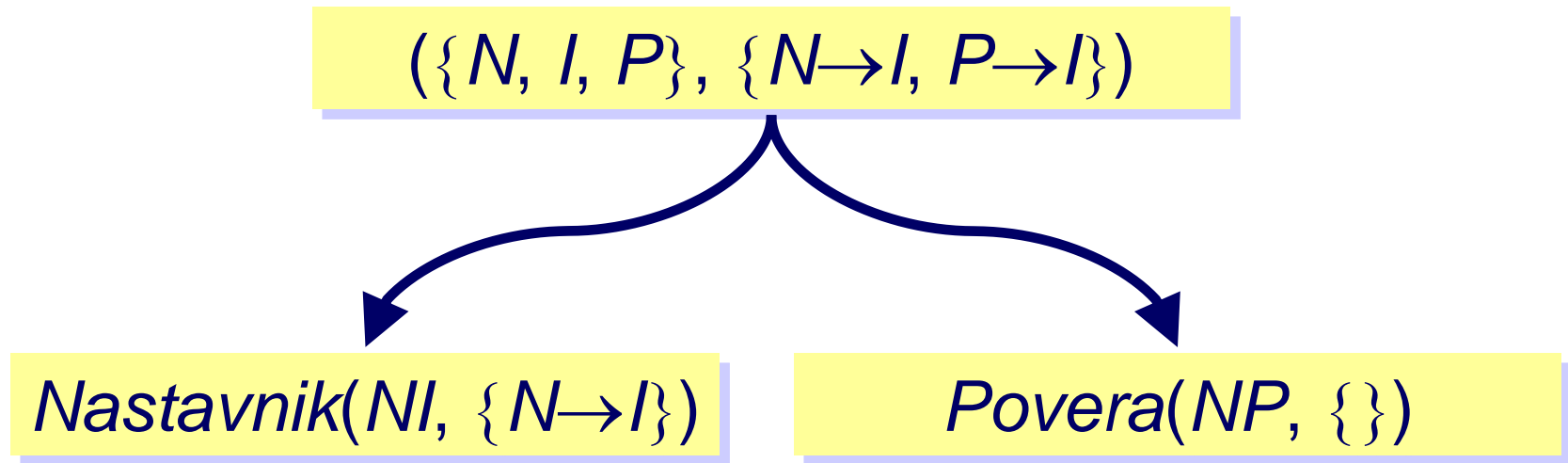
# Sadržaj

---

- Anomalije ažuriranja
- Osnovni projektantski kriterijumi
- Spojivost bez gubitaka
- Očuvanje skupa ograničenja
- Normalne forme i normalizacija
- Metoda dekompozicije
- Završne napomene

# Očuvanje skupa ograničenja

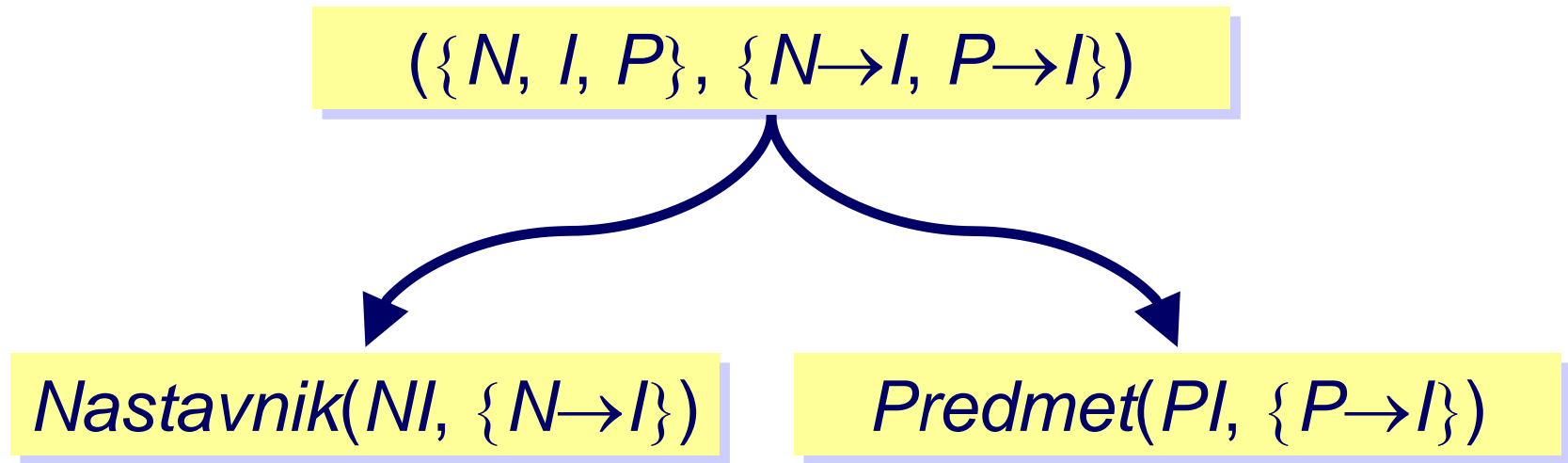
- Dekompozicija ( $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{F}$ )



- očuvava spojivost bez gubitaka informacija, ali
- ne očuvava polazni skup fz

# Očuvanje skupa ograničenja

- Dekompozicija ( $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{F}$ )

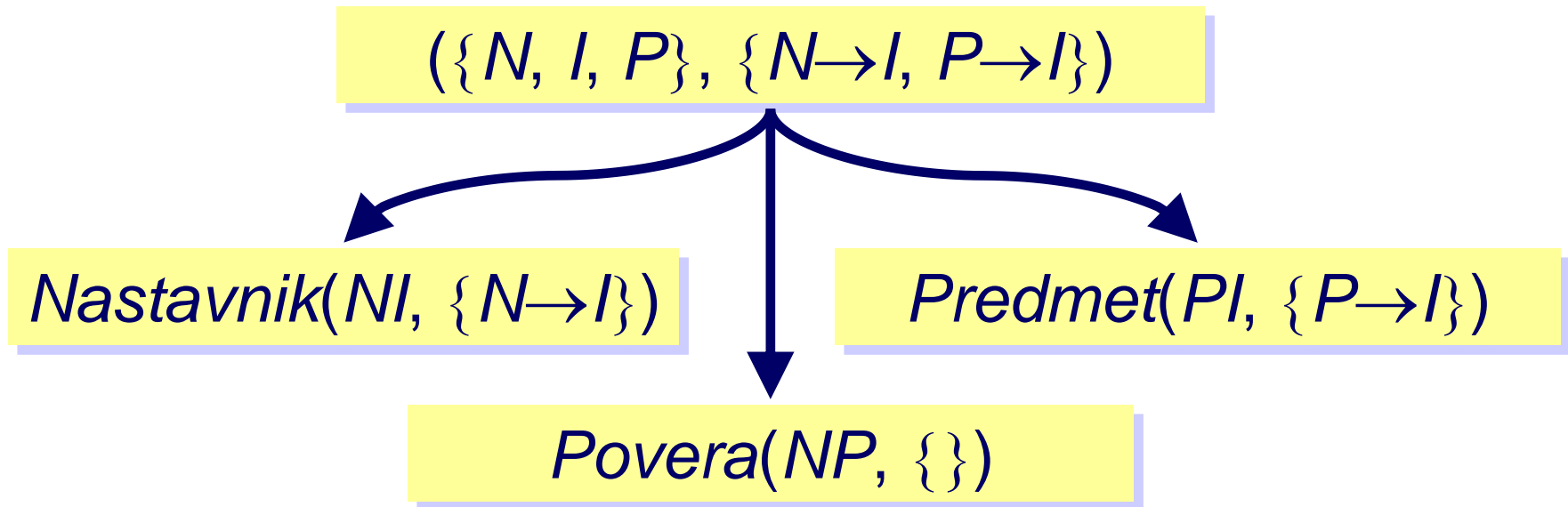


- očuvava polazni skup fz, ali
- ne očuvava spojivost bez gubitaka informacija



# Očuvanje skupa ograničenja

- Treće rešenje: dekompozicija ( $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{F}$ )



- očuvava polazni skup fz i
- očuvava spojivost bez gubitaka informacija

# Sadržaj

---

- Anomalije ažuriranja
- Osnovni projektantski kriterijumi
- Spojivost bez gubitaka
- Očuvanje skupa ograničenja
- Normalne forme i normalizacija
- Metoda dekompozicije
- Završne napomene

# Normalne forme i normalizacija

---

- Moguće je izbegavanje, ili u idealnom slučaju, potpuno uklanjanje anomalija ažuriranja
- Šema BP treba da zadovolji kriterijum odgovarajuće normalne forme
- Postoji sedam normalnih formi
  - 1NF, 2NF, 3NF, BCNF
  - 4NF, 5NF (PJNF), 6NF (DKNF)
- Za praksu su najbitnije prve četiri
  - temelje se na pojmovima fz i ključa

# Normalne forme i normalizacija

---

- **Prva normalna forma (1NF)**
  - šema relacije  $N(R, O)$  je u 1NF ako
    - $R$  sadrži samo elementarna obeležja
    - za svaku pojavu  $r(N)$  važi da su sve vrednosti svih obeležja iz  $R$  atomarne
      - ne predstavljaju niz, ili skup drugih vrednosti iz domena obeležja
- Šema BP  $(S, I)$  je u 1NF ako su sve šeme relacija skupa  $S$  u 1NF

# Normalne forme i normalizacija

- Primer
  - 1NF,  $\neg$ 1NF

$r$	$N$	$I$	$P$
	$n_1$	$i_1$	$p_1$
	$n_1$	$i_1$	$p_2$
	$n_2$	$i_1$	$p_1$
	$n_3$	$i_2$	$p_3$

$r$	$N$	$I$	$P$
	$n_1$	$i_1$	$(p_1, p_2)$
	$n_1$	$i_1$	$(p_3, p_4)$
	$n_2$	$i_1$	$(p_1, \omega)$
	$n_3$	$i_2$	$(p_3, \omega)$

# Normalne forme i normalizacija

- **Druga normalna forma (2NF)**

- šema relacije  $N(R, F)$  sa skupom ključeva  $K$  je u 2NF ako je
  - u 1NF i
  - ako je svako neprimarno obeležje u potpunoj funkcionalnoj zavisnosti od svakog ključa

$$(\forall A \in R \setminus K_{pr})(\forall X \in K)(\forall Y \subset X)(F \models Y \rightarrow A)$$

- $K_{pr} = \cup_{X \in K} (K)$  - skup primarnih obeležja šeme relacije  $N$

- Šema BP  $(S, f)$  je u 2NF ako su sve šeme relacija skupa  $S$  u 2NF

# Normalne forme i normalizacija

- Primer
  - 1NF i  $\neg$ 2NF

*Student*( $\{BRI, PRZ, IME, BPI, OZP, NAP\},$   
 $\{BRI \rightarrow PRZ + IME + BPI, OZP \rightarrow NAP\}$ )

- $K = \{BRI + OZP\}$
- $BRI + OZP \rightarrow NAP$ 
  - $NAP$  - neprimarno obeležje
  - nepotpuna fz
  - sledi iz  $OZP \rightarrow NAP$
- $BRI + OZP \rightarrow PRZ + IME + BPI$ 
  - $PRZ, IME, BPI$  - neprimarna obeležja
  - nepotpuna fz
  - sledi iz  $BRI \rightarrow PRZ + IME + BPI$

# Normalne forme i normalizacija

## • Treća normalna forma (3NF)

– šema relacije  $N(R, F)$  sa skupom ključeva  $K$  je u 3NF ako je

- u 1NF i
- ako je svako neprimarno obeležje samo u netranzitivnoj funkcionalnoj zavisnosti od svakog ključa

$$(\forall A \in R \setminus K_{pr})(\forall X \in K)(\forall Y \subseteq R \setminus \{A\})(F \models Y \rightarrow A \Rightarrow F \models Y \rightarrow X)$$

–  $K_{pr} = \cup_{K \in \mathcal{K}} K$  - skup primarnih obeležja šeme relacije  $N$

- Šema BP  $(S, I)$  je u 3NF ako su sve šeme relacija skupa  $S$  u 3NF



# Normalne forme i normalizacija

- Primer
  - 2NF i  $\neg$ 3NF

~~$Student(\{BRI, PRZ, IME, SOD, NAO\},$   
 $\{BRI \rightarrow PRZ + IME + SOD, SOD \rightarrow NAO\})$~~

- $K = \{BRI\}$
- $BRI \rightarrow NAO$ 
  - tranzitivna FZ
  - $BRI$  je ključ
  - $NAO$  je neprimarno obeležje
  - sledi iz  $BRI \rightarrow SOD$  i  $SOD \rightarrow NAO$  i  $\neg(SOD \rightarrow BRI)$

# Normalne forme i normalizacija

- **Boyce-Codd normalna forma (BCNF)**

- šema relacije  $N(R, F)$  sa skupom ključeva  $K$  je u BCNF ako je
  - u 1NF i
  - svaka netrivialna funkcionalna zavisnost bilo kog atributa mora sadržati ključ s leve strane

$$(\forall A \in R)(\forall Y \subseteq R \setminus \{A\})(F \models Y \rightarrow A \Rightarrow (\exists X \in K)(X \subseteq Y))$$

- Šema BP  $(S, f)$  je u BCNF ako su sve šeme relacija skupa  $S$  u BCNF

# Normalne forme i normalizacija

- Primer
  - 3NF i  $\neg$ BCNF

*Poveravanje*({OZP, NAP, OZN}, {OZP  $\rightarrow$  NAP, NAP  $\rightarrow$  OZP})

- $K = \{OZP+OZN, NAP+OZN\}$
- $OZP+OZN \rightarrow NAP$ 
  - $OZP+OZN$  je ključ
  - nepotpuna fz
  - sledi iz  $OZP \rightarrow NAP$

# Normalne forme i normalizacija

- Odnos uslova normalnih formi 1NF - BCNF
  - 1NF je potreban uslov za sve više normalne forme
    - ugrađen u definicije uslova svih ostalih normalnih formi
  - $3NF \Rightarrow 2NF$ 
    - dokaz
      - $\neg 2NF \Rightarrow \neg 3NF$
      - $\neg 2NF \Rightarrow (\exists A \in R \setminus K_{pr})(\exists X \in K)(\exists Y \subset X)(F \models Y \rightarrow A)$
      - $\Rightarrow$  Za takve  $X, Y$  i  $A$  važi:  $X \rightarrow Y, Y \rightarrow A$  i  $\neg(Y \rightarrow X)$
      - $\Rightarrow X \rightarrow A$  je tranzitivna fz od ključa  $\Rightarrow \neg 3NF$
    - komentari, za sve netrivialne fz iz  $F^+$ 
      - 2NF i 3NF zabranjuju postojanje nepotpunih fz neprimarnih obeležja od ključa
      - 2NF dozvoljava postojanje fz između neprimarnih obeležja
      - 3NF zabranjuje postojanje fz između neprimarnih obeležja
        - » sve fz neprimarnih obeležja sadrže ključ s leve strane

# Normalne forme i normalizacija

- Odnos uslova normalnih formi 1NF - BCNF
  - Alternativna (ekvivalentna) formulacija uslova 3NF
    - 1NF i
    - svaka netrivialna funkcionalna zavisnost bilo kog neprimarnog atributa mora sadržati ključ s leve strane
 
$$(\forall A \in R \setminus K_{pr})(\forall Y \subseteq R \setminus \{A\})(F \models Y \rightarrow A \Rightarrow (\exists X \in K)(X \subseteq Y))$$
    - dokaz, obratom po kontrapoziciji ( $\Rightarrow$ )
      - $A \in R \setminus K_{pr}, Y \subseteq R \setminus \{A\}$ , važi  $F \models Y \rightarrow A \wedge (\forall X \in K)(X \not\subseteq Y)$
      - $\Rightarrow (\forall X \in K)(F \models X \rightarrow Y \wedge F \models Y \rightarrow A \wedge F \not\models Y \rightarrow X)$ 
        - » inače bi  $Y$  sadržao ključ, što je suprotno  $(\forall X \in K)(X \not\subseteq Y)$
      - $\Rightarrow F \models X \rightarrow A$  je tranzitivna fz, što je kontradiktorno def. 3NF
    - dokaz, obratom po kontrapoziciji ( $\Leftarrow$ )
      - $A \in R \setminus K_{pr}, Y \subseteq R \setminus \{A\}$ , važi  $F \models Y \rightarrow A \wedge F \not\models Y \rightarrow X$
      - $\Rightarrow A \in R \setminus K_{pr}, Y \subseteq R \setminus \{A\}$ , važi  $F \models Y \rightarrow A \wedge (\forall X \in K)(X \not\subseteq Y)$
      - $\Rightarrow$  postoji fz  $Y \rightarrow A$ , takva da  $Y$  ne sadrži ni jedan ključ – kontrad.

# Normalne forme i normalizacija

- Odnos uslova normalnih formi 1NF - BCNF
  - BCNF  $\Rightarrow$  3NF
    - $(\forall A \in R)(\forall Y \subseteq R \setminus \{A\})(F \models Y \rightarrow A \Rightarrow (\exists X \in K)(X \subseteq Y))$
    - $\Rightarrow (\forall A \in R \setminus K_{pr})(\forall Y \subseteq R \setminus \{A\})(F \models Y \rightarrow A \Rightarrow (\exists X \in K)(X \subseteq Y))$ 
      - » pošto je  $R \setminus K_{pr} \subseteq R$
    - $\Rightarrow$  3NF, po prethodnom tvrđenju
  - komentari, za sve netrivialne fz iz  $F^+$ 
    - 2NF zabranjuje postojanje nepotpunih fz neprimarnih obeležja od ključa
    - 2NF dozvoljava postojanje fz između neprimarnih obeležja
    - 3NF zabranjuje postojanje fz između neprimarnih obeležja
      - » sve fz neprimarnih obeležja sadrže ključ s leve strane
    - 3NF dozvoljava postojanje fz primarnih obeležja, koje ne sadrže ključ s leve strane
    - BCNF zabranjuje postojanje fz koje ne sadrže ključ s leve strane

# Normalne forme i normalizacija

- Odnos uslova normalnih formi 1NF - BCNF

Zabrane / Normalne forme	1NF	2NF	3NF	BCNF
nizovi ili skupovi vrednosti obeležja, umesto jedne vrednosti iz domena	NE	NE	NE	NE
nepotpune fz neprimarnih obeležja od ključa iz $F^+$	DA	NE	NE	NE
netrivijalne fz neprimarnih obeležja koje ne sadrže ključ s leve strane – tranzitivne fz neprimarnih obeležja iz $F^+$	DA	DA	NE	NE
netrivijalne fz iz $F^+$ koje ne sadrže ključ s leve strane	DA	DA	DA	NE

# Normalne forme i normalizacija

- **Četvrta normalna forma (4NF)**

- šema relacije  $N(R, C)$ ,  $C = F \cup MV$ , sa skupom ključeva  $K$  je u 4NF ako je
  - u 1NF i
  - svaka netrivialna višeznačna zavisnost mora sadržati ključ s leve strane

$$(\forall Z \subseteq R)(\forall Y \subset R \setminus Z)(C \models Y \twoheadrightarrow Z \Rightarrow (\exists X \in K)(X \subseteq Y))$$

»  $X \twoheadrightarrow Y$  je trivialna akko  $Y \subseteq X \vee XY = R$

- Šema BP  $(S, I)$  je u 4NF ako su sve šeme relacija skupa  $S$  u 4NF



# Normalne forme i normalizacija

- Primer
  - BCNF i  $\neg$ 4NF

*NastPredDep*({OZP, OZN, OZD}, {OZP $\rightarrow$  ~~$\rightarrow$~~  OZD})

- $K = \{OZP+OZN+OZD\}$
- $OZP \rightarrow \rightarrow OZD$ 
  - $OZP+OZN+OZD$  je ključ
  - posledično važi i  $OZP \rightarrow \rightarrow OZN$
  - $OZP$  ne sadrži ključ

# Normalne forme i normalizacija

- Odnos uslova normalnih formi BCNF - 4NF

- 4NF  $\Rightarrow$  BCNF

- dokaz

- $\neg \text{BCNF} \Rightarrow \neg 4\text{NF}$

- $\neg \text{BCNF} \Rightarrow (\exists A \in R)(\exists Y \subseteq R \setminus \{A\})(F \models Y \rightarrow A \wedge (\forall X \in K)(X \not\subseteq Y))$

- $\Rightarrow$  Za takve  $X, Y$  i  $A$  važi:  $Y \rightarrow A$  i  $X \not\subseteq Y$

- $\Rightarrow F \models Y \rightarrow A \Rightarrow F \models Y \rightarrow \rightarrow A \Rightarrow C \models Y \rightarrow \rightarrow A$

- $\Rightarrow (\exists A \in R)(\exists Y \subseteq R \setminus \{A\})(C \models Y \rightarrow \rightarrow A \wedge (\forall X \in K)(X \not\subseteq Y))$

- a)  $Y \subset R \setminus \{A\} \vee$  b)  $Y = R \setminus \{A\}$

- a)  $\Rightarrow (\exists A \in R)(\exists Y \subset R \setminus \{A\})(C \models Y \rightarrow \rightarrow A \wedge (\forall X \in K)(X \not\subseteq Y))$

- $\Rightarrow \neg 4\text{NF}$

- b)  $Y = R \setminus \{A\}$  i  $X \not\subseteq Y \Rightarrow X = R$

- $X = R$  i  $F \models R \setminus \{A\} \rightarrow A \Rightarrow X \neq R \Rightarrow \square$  (kontradikcija)

- $\Rightarrow \neg \text{BCNF} \Rightarrow \exists Y \subset R \setminus \{A\}, F \models Y \rightarrow A \wedge (\forall X \in K)(X \not\subseteq Y)$

# Normalne forme i normalizacija

- Odnos uslova normalnih formi BCNF - 4NF
  - Alternativna (ekvivalentna) formulacija uslova 4NF
    - BCNF i
    - svaka višeznačna zavisnost je posledica skupa funkcionalnih zavisnosti

$$\text{BCNF} \wedge (\forall Y \twoheadrightarrow Z \in MV)(F \models Y \twoheadrightarrow Z) \Leftrightarrow 4\text{NF}$$

- dokaz ( $\Rightarrow$ )
  - $(\forall Y \twoheadrightarrow Z \in MV)(F \models Y \twoheadrightarrow Z) \Rightarrow F \cup MV \equiv F \Rightarrow$
  - $\Rightarrow N(R, C) \equiv N(R, F), N(R, F) \wedge \text{BCNF} \Rightarrow 4\text{NF}$
- dokaz, obratom po kontrapoziciji ( $\Leftarrow$ )
  - $\neg \text{BCNF} \vee (\exists Y \twoheadrightarrow Z \in MV)(F \not\models Y \twoheadrightarrow Z)$
  - $\neg \text{BCNF} \Rightarrow \neg 4\text{NF}, \neg 4\text{NF} \wedge 4\text{NF} \Rightarrow \square \Rightarrow \text{BCNF mora va\^ziti}$
  - $Y \twoheadrightarrow Z \in MV \wedge F \not\models Y \twoheadrightarrow Z$
  - $4\text{NF} \wedge C \models Y \twoheadrightarrow Z \Rightarrow (\exists X \in K)(X \subseteq Y) \Rightarrow F \models X \rightarrow Z \Rightarrow$
  - $\Rightarrow F \models Y \rightarrow Z \Rightarrow F \models Y \twoheadrightarrow Z, F \not\models Y \twoheadrightarrow Z \Rightarrow \square$  (kontradikcija)

# Normalne forme i normalizacija


- **Peta normalna forma (5NF)**
- **Normalna forma projekcije i spoja (PJNF)**
  - šema relacije  $N(R, C)$ ,  $C = F \cup JD$ , sa skupom ključeva  $K$  je u 5NF (PJNF) ako je
    - u 1NF i
    - svaka netrivialna zavisnost spoja, takva da je  $\bigcup_{i=1}^k (X_i) = R$ , mora biti posledica zavisnosti ključa iz  $K$ 
      - »  $\triangleright\triangleleft(X_1, \dots, X_k)$  je trivialna akko  $(\exists i \in \{1, \dots, k\})(X_i = R)$
- Šema BP  $(S, I)$  je u 5NF ako su sve šeme relacija skupa  $S$  u 5NF

$$(\forall \triangleright\triangleleft(X_1, \dots, X_k))((\forall i \in \{1, \dots, k\})(X_i \neq R) \wedge C \models \triangleright\triangleleft(X_1, \dots, X_k) \Rightarrow (\forall X_i \in \{X_1, \dots, X_k\})(\exists X_j \in \{X_1, \dots, X_k\})((X_i \neq X_j) \wedge (X_i \cap X_j \in K)))$$

# Normalne forme i normalizacija

- Primer
  - 4NF i  $\neg$ 5NF

*NastPredDep*({OZP, OZN, OZD},  
{ $\triangleright\triangleleft$ (OZP+OZN, OZN+OZD, OZP+OZD)})



- $K = \{OZP+OZN+OZD\}$
- $\triangleright\triangleleft(OZP+OZN, OZN+OZD, OZP+OZD)$ 
  - OZP+OZN+OZD je ključ
  - OZP, OZN i OZD ne sadrže ključ

# Normalne forme i normalizacija

- Odnos uslova normalnih formi 4NF – PJNF
  - PJNF (5NF)  $\Rightarrow$  4NF
    - dokaz:  $\neg 4NF \Rightarrow \neg 5NF$  i  $X \rightarrow \rightarrow Y \equiv \triangleright \triangleleft (XY, \dots, X(R \setminus Y))$
- Odnos uslova normalnih formi BCNF – PJNF
  - Alternativna (ekvivalentna) formulacija uslova 5NF
    - BCNF i
    - svaka zavisnost spoja je posledica skupa funkcionalnih zavisnosti
$$BCNF \wedge (\forall \triangleright \triangleleft (X_1, \dots, X_k) \in JD)(F \models \triangleright \triangleleft (X_1, \dots, X_k)) \Leftrightarrow 5NF$$
- Posledica
 
$$5NF \Leftrightarrow (\forall X_i \in \{X_1, \dots, X_k\})(\exists X \in K)(X \subseteq X_i)$$

# Normalne forme i normalizacija

- **Šesta normalna forma (6NF)**
  - **Normalna forma domena i ključeva (DKNF)**
    - šema relacije  $N(R, C)$ , sa skupom ključeva  $K$  i skupom ograničenja domena  $D$  je u DKNF ako je
      - u 1NF i
      - svaka zavisnost koja je posledica skupa ograničenja  $C$  mora biti posledica skupa zavisnosti ključa  $K$  i ograničenja domena  $D$
- $$(\forall c)(C \models c \Rightarrow K \cup D \models c)$$
- Šema BP  $(S, I)$  je u 6NF ako su sve šeme relacija skupa  $S$  u 6NF
    - 6NF (DKNF)  $\Rightarrow$  5NF (PJNF)

# Normalne forme i normalizacija

- Primer

- PJNF i  $\neg$ DKNF

*Student*({*SID*, *PRZ*, *IME*, *AVG*, *KLS*}, {*SID*  $\rightarrow$  *R*, *id*(*R*)})

- $K = \{SID\}$ , potencijalno može i  $AVG \rightarrow KLS$ , narušenje 3NF
- $id(R) = (\{id(N, A) \mid A \in R\}, Uslov)$ ,  $Uslov ::=$ 
  - $AVG \in [6.00, 7.50] \Rightarrow KLS = \text{'dovoljan'} \wedge$
  - $AVG \in [7.51, 8.50] \Rightarrow KLS = \text{'dobar'} \wedge$
  - $AVG \in [8.51, 9.50] \Rightarrow KLS = \text{'vrlo dobar'} \wedge$
  - $AVG \in [9.51, 10.00] \Rightarrow KLS = \text{'odličan'}$
- $K \cup \{id(N, A) \mid A \in R\} \neq Uslov$

*Student*({*SID*, *PRZ*, *IME*, *AVG*}, {*SID*}), DKNF

*KlasifAvg*({*KLS*, *AVGMin*, *AVGMax*}, {*AVGMin*, *KLS*}),  $\neg$ DKNF

- Alternativno: *KlasifAvg*({*KLS*, *AVGMin*}, {*AVGMin*, *KLS*}), DKNF



# Normalne forme i normalizacija

---

- **Normalizacija**

- postupak projektovanja takvog skupa šema relacija
  - kod kojeg su u celosti, ili delimično, ostvareni osnovni projektantski kriterijumi (**K1-K4**) i
  - zadovoljena je odgovarajuća normalna forma

- Dve metode normalizacije

- Metoda dekompozicije
- Metoda sinteze

# Normalne forme i normalizacija

---

- **Metoda dekompozicije**

- postupak sistematskog rastavljanja šeme relacije na po dve šeme relacije
- postupak započinje od univerzalne šeme relacije
- postupak završava kada se obezbedi da se anomalije ažuriranja u potpunosti, ili u traženoj meri izbegnu
  - postizanjem željene normalne forme (do 5NF)

# Normalne forme i normalizacija

---

- **Metoda dekompozicije**

- rastavljanje na osnovu fz (do BCNF) i drugih zavisnosti do viših normalnih formi
  - višeznačnih zavisnosti, do 4NF
  - zavisnosti spoja, do 5NF
- garantuje se očuvanje polaznog skupa obeležja
- garantuje se obezbeđenje spoja bez gubitaka
- ne garantuje se očuvanje polaznog skupa fz
  - može se garantovati očuvanje polaznog skupa fz, do zadovoljenja 3NF
  - može doći do narušavanja polaznog skupa fz, pri prelasku iz 3NF u BCNF

# Normalne forme i normalizacija

---

- **Metoda sinteze**

- postupak sintetizovanja (“sklapanja”) skupa šema relacija, na osnovu definisanog skupa fz i skupa obeležja
- može se garantovati očuvanje polaznog skupa obeležja
- može se garantovati obezbeđenje spoja bez gubitaka, ukoliko je to potrebno
- garantuje se očuvanje polaznog skupa fz
- garantuje se očuvanje uslova 3NF
  - anomalije ažuriranja izbegavaju se do nivoa, definisanog uslovom 3NF

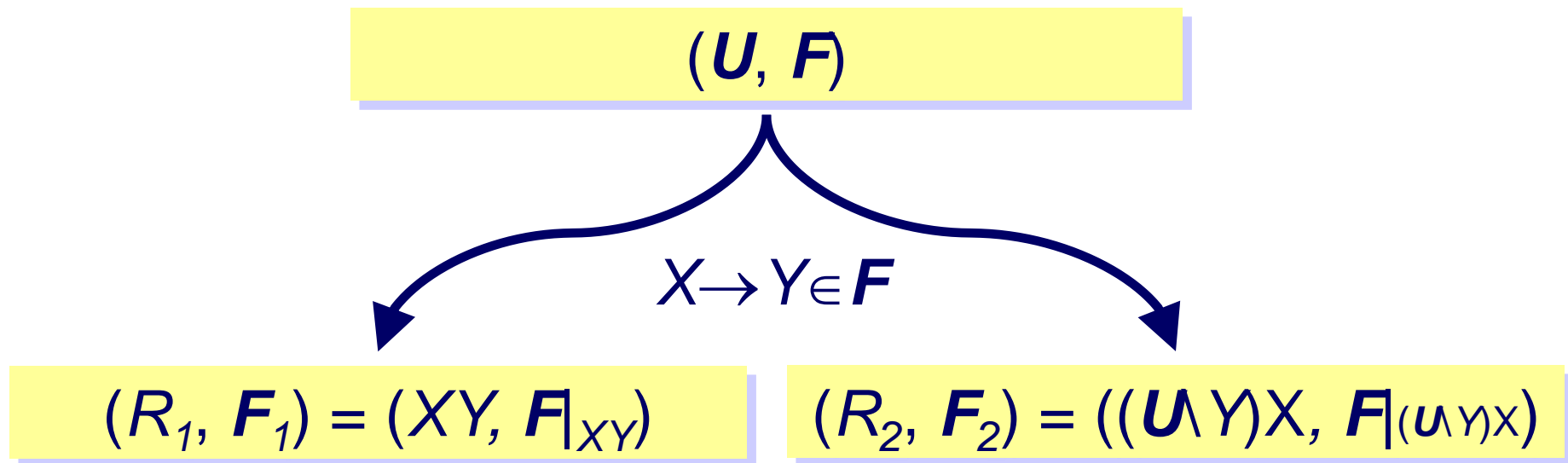
# Sadržaj

---

- Anomalije ažuriranja
- Osnovni projektantski kriterijumi
- Spojivost bez gubitaka
- Očuvanje skupa ograničenja
- Normalne forme i normalizacija
- Metoda dekompozicije
- Završne napomene

# Metoda dekompozicije

- Korak rastavljanja pri dekompoziciji



- postupak obezbeđuje spoj bez gubitaka, jer
  - $X$  je sigurno superključ u  $(R_1, F_1)$  i prenet je u  $R_2 \Rightarrow$
  - ključ od  $(R_1, F_1)$  sigurno je prenet u  $R_2$

# Metoda dekompozicije

- **Kriterijumi izbora fz  $X \rightarrow Y \in F$**

- po kojoj se realizuje jedan korak rastavljanja

- (A) da je  $X \rightarrow Y$  netrivialna fz, takva da ne obuhvata ceo  $U$ 
  - obezbeđenje progresa algoritma

$$(Y \not\subseteq X) \wedge (XY \subset U)$$

- (B) da je  $X \rightarrow Y$  na kraju mogućih "lanaca izvođenja"
  - da se, u budućim koracima rastavljanja, obezbede što bolji uslovi za očuvanje polaznog skupa fz

$$(\forall W \rightarrow V \in F)((X)_F^+ \neq (W)_F^+ \Rightarrow X \rightarrow W \notin F^+)$$

- (C) da se očuvava ekvivalentnost s polaznim skupom fz  $F$

$$F \equiv (F|_{XY} \cup F|_{(U \setminus Y)X})$$

# Metoda dekompozicije

---

- Strategije izbora fz  $X \rightarrow Y \in F$ 
  - idealno je da se postigne ispunjenje svih uslova, ali to nije uvek moguće
  - **S1: Idealna strategija**
    - $(A) \wedge (B) \wedge (C)$
  - **S2: Strategija očuvanja polaznog skupa fz**
    - $(A) \wedge (C)$
  - **S3: Strategija obezbeđenja progresu algoritma**
    - $(A) \wedge (B)$



# Metoda dekompozicije

---

- Primer

- analiza šeme relacije *Student* i njena dekompozicija do BCNF

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

- Ključ:  $BRI + OZP$
- $BRI + OZP \rightarrow IME + PRZ + BPI$ 
  - nepotpuna fz neprimarnog obeležja od ključa
- šema relacije *Student* nije u 2NF

# Metoda dekompozicije

- Dekompozicija polazne šeme relacije *Student*
    - na osnovu fz  $BRI \rightarrow IME + PRZ + BPI$
    - $Student(\{BRI, IME, PRZ, BPI\},$   
 $\{BRI \rightarrow IME + PRZ + BPI, IME + PRZ \rightarrow BRI\}),$ 
      - $K = \{BRI, IME + PRZ\}$
- (BCNF)**
- $Ostalo1(\{BRI, OZP, NAP, NAS, OCE\},$   
 $\{OZP \rightarrow NAP, BRI + OZP \rightarrow OCE + NAS,$   
 $NAS \rightarrow OZP + NAP\})$ 
    - $K = \{BRI + OZP, BRI + NAS\}$
  - primenjena strategija S1
    - polazni skup fz **F** je očuvan

# Metoda dekompozicije

---

- Analiza šeme relacije *Ostalo1*

$$F_1 = \{OZP \rightarrow NAP, NAS \rightarrow OZP + NAP, \\ BRI + OZP \rightarrow OCE + NAS\}$$

- Ključ:  $BRI + OZP$
- $BRI + OZP \rightarrow NAP$ 
  - nepotpuna fz neprimarnog obeležja od ključa
- šema relacije *Ostalo1* nije u 2NF

# Metoda dekompozicije

- Dekompozicija šeme relacije *Ostalo1*

- na osnovu fz  $OZP \rightarrow NAP$

- $Predmet(\{OZP, NAP\}, \{OZP \rightarrow NAP\})$

- $K = \{OZP\}$

(BCNF)

- $Ostalo2(\{BRI, OZP, NAS, OCE\},$

- $\{BRI+OZP \rightarrow OCE+NAS, NAS \rightarrow OZP\})$

- $K = \{BRI+OZP, BRI+NAS\}$

- primenjena strategija S1

- polazni skup fz  $F_1$  je očuvan  $\Rightarrow$  očuvan polazni skup fz  $F$

# Metoda dekompozicije

---

- Analiza šeme relacije *Ostalo2*

$$F_2 = \{NAS \rightarrow OZP, BRI + OZP \rightarrow OCE + NAS\}$$

- Ključevi:  $BRI + OZP$ ,  $BRI + NAS$
- $BRI + NAS \rightarrow OZP$ 
  - nepotpuna fz od ključa
- šema relacije *Ostalo2* je u 3NF
- šema relacije *Ostalo2* nije u BCNF

# Metoda dekompozicije

- Dekompozicija šeme relacije *Ostalo2*
    - na osnovu fz  $BRI+OZP \rightarrow OCE$
    - $Ispit(\{BRI, OZP, OCE\}, \{BRI+OZP \rightarrow OCE\})$ 
      - $K = \{BRI+OZP\}$
- (BCNF)**
- $Ostalo3(\{BRI, OZP, NAS\},$   
 $\{BRI+OZP \rightarrow NAS, NAS \rightarrow OZP\})$ 
    - $K = \{BRI+OZP, BRI+NAS\}$
  - primenjena strategija S1
    - polazni skup fz  $F_2$  je očuvan  $\Rightarrow$  očuvan polazni skup fz  $F_1$

# Metoda dekompozicije

---

- Analiza šeme relacije *Ostalo3*

$$F_3 = \{NAS \rightarrow OZP, BRI + OZP \rightarrow NAS\}$$

- Ključevi: *BRI+OZP*, *BRI+NAS*
- *BRI+NAS*  $\rightarrow$  *OZP*
  - nepotpuna fz od ključa
- šema relacije *Ostalo3* je u 3NF
- šema relacije *Ostalo3* nije u BCNF

# Metoda dekompozicije

- Dekompozicija šeme relacije *Ostalo3*

- na osnovu fz  $NAS \rightarrow OZP$

- $Povera(\{NAS, OZP\}, \{NAS \rightarrow OZP\})$

- $K = \{NAS\}$

(BCNF)

- $Pohađa(\{BRI, NAS\}, \{\})$

- $K = \{BRI + NAS\}$

(BCNF)

- primenjena strategija S3

- Skup fz  $F_3$  nije očuvan  $\Rightarrow$  izgubljena fz  $BRI + OZP \rightarrow NAS$



# Metoda dekompozicije

---

- Dobijen je skup šema relacija u BCNF
  - u notaciji  $N(R, K)$
  - $Student(\{BRI, IME, PRZ, BPI\}, \{BRI, IME+PRZ\})$
  - $Predmet(\{OZP, NAP\}, \{OZP\})$
  - $Ispit(\{BRI, OZP, OCE\}, \{BRI+OZP\})$
  - $Povera(\{NAS, OZP\}, \{NAS\})$
  - $Pohađa(\{BRI, NAS\}, \{BRI+NAS\})$

# Metoda dekompozicije

- Objedinjavanje šema relacija sa ekvivalentnim ključevima
  - može dovesti do degradacije postignute normalne forme
  - šeme relacije sa ekvivalentnim ključevima
    - $Ispit(\{BRI, OZP, OCE\}, \{BRI+OZP\})$  i
    - $Pohađa(\{BRI, NAS\}, \{BRI+NAS\})$
  - objedinjuju se u jednu
    - $Ispit(\{BRI, OZP, NAS, OCE\}, \{BRI+OZP, BRI+NAS\})$
- Nadoknađena je, prethodno izgubljena fz
  - $BRI+OZP \rightarrow NAS$

**(3NF)**

# Metoda dekompozicije

---

- Konačan skup šema relacija u 3NF
  - *Student*( $\{BRI, IME, PRZ, BPI\}, \{BRI, IME+PRZ\}$ )  
(BCNF)
  - *Predmet*( $\{OZP, NAP\}, \{OZP\}$ )  
(BCNF)
  - *Ispit*( $\{BRI, OZP, NAS, OCE\}, \{BRI+OZP, BRI+NAS\}$ )  
(3NF)
  - *Povera*( $\{NAS, OZP\}, \{NAS\}$ )  
(BCNF)

# Metoda dekompozicije

- Dekompozicija polazne, univerzalne relacije

*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

# Metoda dekompozicije

- Dekompozicija polazne, univerzalne relacije

<i>BRI</i>	<i>IME</i>	<i>PRZ</i>	<i>BPI</i>	<i>Student</i>
159	Ivo	Ban	13	
013	Ana	Tot	09	
119	Eva	Kon	15	
037	Eva	Tot	01	

*Ispit*

<i>BRI</i>	<i>OZP</i>	<i>NAS</i>	<i>OCE</i>
159	P1	Han	09
159	P2	Kun	08
013	P1	Pap	06
119	P3	Kiš	07
159	P3	Kiš	10
119	P1	Han	09
159	P4	Car	10
037	P4	Car	10

*Predmet*

<i>OZP</i>	<i>NAP</i>
P1	Mat
P2	Fiz
P3	Hem
P4	Mat

*Povera*

<i>NAS</i>	<i>OZP</i>
Han	P1
Kun	P2
Pap	P1
Kiš	P3
Car	P4

# Metoda dekompozicije

---

- Analiza anomalija ažuriranja
  - pokazuje se da su one, uglavnom, izbegnute
- Kreiranje šeme BP
  - definisanje međurelacionih ograničenja
    - $Povera[OZP] \subseteq Predmet[OZP]$
    - $Ispit[BRI] \subseteq Student[BRI]$
    - $Ispit[(NAS, OZP)] \subseteq Povera[(NAS, OZP)]$ 
      - obezbeđuje i očuvanje fz  $NAS \rightarrow OZP$  u šemi relacije *Ispit*

# Sadržaj

---

- Anomalije ažuriranja
- Osnovni projektantski kriterijumi
- Spojivost bez gubitaka
- Očuvanje skupa ograničenja
- Normalne forme i normalizacija
- Metoda dekompozicije
- Završne napomene

# Završne napomene

---

- Kada je broj obeležja mali (do 20) primena normalizacije se čini nepotrebnom
  - jer bi iste rezultate dao i intuitivni ekspertski pristup
- Kada je broj obeležja veliki
  - manuelna primena normalizacije je teška i podložna greškama
  - ekspertski pristup daje teško predvidive rezultate
- Rešenje
  - primena CASE / MDSD alata
    - projektovanje formalnih specifikacija konceptualne šeme BP
    - niz transformacija formalnih specifikacija za dolazak do
      - implementacione šeme BP
      - interne šeme BP / opisa šeme BP u jeziku ciljnog SUBP



# Sadržaj

- Anomalije ažuriranja
- Osnovni projektantski kriterijumi
- Spojivost bez gubitaka
- Očuvanje skupa ograničenja
- Normalne forme i normalizacija
- Metoda dekompozicije
- Završne napomene

# Pitanja i komentari

---



Kraj prezentacije

# Projektovanje baza podataka



## Projektovanje šeme relacione BP

---

*Anomalije ažuriranja,  
normalne forme,  
dekompozicija*