

## 5.2. Metoda dekompozicije

Metoda dekompozicije je zasnovana na postupnom rastavljanju šeme univerzalne relacije  $(U, C)$  saglasno tipskim zavisnostima u  $C$ , dok se ne dobije skup šema relacija u željenoj normalnoj formi. Funkcionalna zavisnost  $Y \rightarrow A$ , na osnovu koje će se vršiti dekompozicija, treba da zadovolji sledeće kriterijume: da je netrivijalna, da njena leva strana funkcionalno ne određuje takvu drugu levu stranu iz  $\text{lhs}(F)$ , koja nije njoj ekvivalentna i da ne dovodi do gubitka drugih funkcionalnih zavisnosti iz  $F$ . Na osnovu ovih činjenica važe sledeća tri kriterijuma za izbor:

### Kriterijum P1

Uvodi se uslov koji garantuje da se pri dekompoziciji neće izgubiti neka f.z. ali ne garantuje da će se dobiti skup šema relacija u BCNF.

$$Y \rightarrow A \text{ tako da važi } (A \not\subseteq Y) \wedge (R \not\subseteq Y^+) \wedge (F^+ = (F_{|Y(R \setminus A)} \cup F_{|YA})^+)$$

### Kriterijum P2

$$Y \rightarrow A \text{ tako da važi } (A \not\subseteq Y) \wedge (AY \subset R) \wedge (F^+ = (F_{|Y(R \setminus A)} \cup F_{|YA})^+)$$

### Kriterijum P3

Bira se netrivijalna funkcija koja nije posledica zavisnosti ključa. Ovaj uslov obezbeđuje dolazak u BCNF

$$\gamma \rightarrow A \text{ tako da važi } (A \not\subseteq Y) \wedge (R \not\subseteq Y^+)$$

### Napomene

Redosled kriterijuma: P1, P2 pa ako ne mogu ova dva tek onda po P3

Ne treba dekomponovati na osnovu trivijalnih f.z.

Na početku se ne izabira f.z. koja sa leve strane sadrži ključ.

### Teorema o spojivosti bez gubitaka

Ova teorema uvodi potreban i dovoljan uslov koji treba da bude zadovoljen da bi skup šema relacija predstavljao dekompoziciju sa spojem bez gubitaka s obzirom na skup funkcionalnih zavisnosti.

Neka je  $S = \{(R_1, F_1), (R_2, F_2)\}$  jedna dekompozicija šeme univerzalne relacije  $(U, F)$ , gde je  $U = R_1 \cup R_2$ .  $S$  je dekompozicija sa spojem bez gubitaka s obzirom na  $F$  akko važi:  $R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 \setminus R_2 \in F^+$  ili  $R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 \setminus R_1 \in F^+$

Posledica ove teoreme je da  $R_1 \cap R_2$  sadrži ključ bilo šeme relacije  $(R_1, F_1)$ , bilo  $(R_2, F_2)$ .

### Zadatak 5.6.

Data je šema univerzalne relacije  $U(R, F)$ , gde je polazni skup obeležja  $R = \{A, B, C\}$  i skup funkcionalnih zavisnosti  $F = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow B\}$ . Metodom dekompozicije odrediti skup šema relacija.

#### Rešenje:

Skup ključeva šeme univerzalne relacije  $K = \{AB, AC\}$

Najpre proveravamo koje funkcionalne zavisnosti iz  $F$  zadovoljavaju kriterijum P1.

$AB \rightarrow C : C \not\subseteq AB, (AB)^+ = ABC \supseteq ABC = U$  – ne odgovara po kriterijumu P1

$C \rightarrow B : B \subseteq C, C^+ = CB \not\supseteq ABC, F_{|AC} = \emptyset, F_{|BC} = \{C \rightarrow B\} \Rightarrow F^+ \neq \{C \rightarrow B\}^+$  – ne odgovara po kriterijumu P1

Pošto nijedna funkcionalna zavisnost iz  $F$  ne zadovoljava kriterijum P1, proveravamo koje funkcionalne zavisnosti iz  $F$  zadovoljavaju kriterijum po P2.

$AB \rightarrow C : ABC \not\subseteq ABC$  – ne odgovara po kriterijumu P2

$C \rightarrow B : CB \subset ABC, F^+ = \{C \rightarrow B\}^+$  – ne odgovara po kriterijumu P2

Pošto nijedna funkcionalna zavisnost iz  $F$  ne zadovoljava kriterijum P2, proveravamo koje funkcionalne zavisnosti iz  $F$  zadovoljavaju kriterijum po P3.

## Algoritmi sinteze i dekompozicije

$AB \rightarrow C : C \not\subseteq AB \wedge ABC \subseteq ABC$  - ne odgovara po kriterijumu P3  
 $C \rightarrow B : B \not\subseteq C \wedge ABC \not\subseteq C^+ = CB$  - odgovara po kriterijumu P3

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $C \rightarrow B$  dobijamo šeme relacija  $(\{B,C\}, \{C \rightarrow B\})$  i  $(\{A,C\}, \{\})$ . Dobijene šeme relacija nalaze se u BCNF. Prilikom postupka dekompozicije došlo je do gubitka funkcionalne zavisnosti  $AB \rightarrow C$  iz polaznog skupa F.

Dekompozicijom je dobijen skup šema relacija  $S = \{N_1(\{C, B\}, \{C\}), N_2(\{A, C\}, \{\})\}$ , gde je  $S = \{(\{B, C\}, \{C \rightarrow B\}), (\{A, C\}, \{\})\}$ .

U dobijenom skupu šema relacija važi referencijalni integritet  $N_2[C] \subseteq N_1[C]$

### Zadatak 5.7.

Data je šema univerzalne relacije  $U(R, F)$ , gde je polazni skup obeležja  $R = \{A, B, C, D, E, F, G\}$  i skup funkcionalnih zavisnosti  $F = \{A \rightarrow B, C \rightarrow D, D \rightarrow C, E \rightarrow F, E \rightarrow C, E \rightarrow D, AC \rightarrow G, AC \rightarrow E\}$ . Metodom dekompozicije odrediti skup šema relacija.

#### Rešenje:

Skup ključeva šeme univerzalne relacije  $K = \{AC, AD, AE\}$

Najpre proveravamo koje funkcionalne zavisnosti iz F zadovoljavaju kriterijum P1.  $A \rightarrow B : B \not\subseteq A, A_F^+ = AB \not\supseteq U, F_{|AB} = \{A \rightarrow B\}, F_{|A(U \setminus B)} = F \setminus \{A \rightarrow B\}, F^+ = (F_{|AB} \cup F_{|A(U \setminus B)})^+$  - odgovara po kriterijumu P1

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $A \rightarrow B$  dobijamo šeme relacija  $N_1(\{A, B\}, \{A \rightarrow B\})$  i  $N(\{A, C, D, E, F, G\}, \{C \rightarrow D, D \rightarrow C, E \rightarrow F, E \rightarrow C, E \rightarrow D, AC \rightarrow G, AC \rightarrow E\})$ . Dobijena šema relacije  $N_1$  nalazi se u BCNF. Pošto N nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

Najpre proveravamo koje funkcionalne zavisnosti iz  $F_N$  zadovoljavaju kriterijum P1.  $E \rightarrow F : F \not\subseteq E, E_{F_1}^+ = EFCD \not\supseteq R_1, F_{1|EF} = \{E \rightarrow F\}, F_{1|E(R_1 \setminus F)} = F_1 \setminus \{E \rightarrow F\}$  odgovara po kriterijumu P1.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $E \rightarrow F$  dobijamo šeme relacija  $N_2(\{E, F\}, \{E \rightarrow F\})$  i  $N(\{A, C, D, E, G\}, \{C \rightarrow D, D \rightarrow C, E \rightarrow C, E \rightarrow D, AC \rightarrow G, AC \rightarrow E\})$ . Dobijena šema relacije  $N_2$  nalazi se u BCNF. Pošto N nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

Najpre proveravamo koje funkcionalne zavisnosti iz  $F_N$  zadovoljavaju kriterijum P1.  $C \rightarrow D : D \not\subseteq C, C_{F_2}^+ = CD \not\supseteq R_2, F_{2|CD} = \{C \rightarrow D, D \rightarrow C\}, F_{2|C(R_2 \setminus D)} = \{E \rightarrow C, AC \rightarrow G, AC \rightarrow E\}, \underset{C \rightarrow D}{\overset{E \rightarrow C}{\Rightarrow}}^{A_3} E \rightarrow D$  - odgovara po kriterijumu P1.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $C \rightarrow D$  dobijamo šeme relacija  $N_3(\{C, D\}, \{C \rightarrow D, D \rightarrow C\})$  i  $N(\{A, C, E, G\}, \{E \rightarrow C, AC \rightarrow G, AC \rightarrow E\})$ . Dobijena šema

relacije  $N_3$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

Skup klučeva šeme relacije  $N$  je  $K = (\{AC, AE\})$ , pa zbog toga  $AC \rightarrow G$  i  $AC \rightarrow E$  ne zadovoljavaju kriterijum P1. Proveramo  $E \rightarrow C$  samo po kriterijumu P1.

$E \rightarrow C : C \not\subseteq E, E_{F_3}^+ = EC \not\supseteq R_3, F_{3|EC} = \{E \rightarrow C\}, F_{3|R_3 \setminus C} = \{\} \text{ ne odgovara po kriterijumu P1, ali ni po P2.}$

Pošto nijedna funkcionalna zavisnost iz  $F_N$  ne zadovoljava kriterijum P1, proveravamo koje funkcionalne zavisnosti iz  $F_N$  zadovoljavaju kriterijum po P2.

$AC \rightarrow G : G \not\subseteq AC, (AC)_{F_3}^+ = AC GE = R_3, ACG \subset R_3, F_{3|ACG} = \{AC \rightarrow G\}, F_{3|AC(R_3 \setminus G)} = \{E \rightarrow C, AC \rightarrow E\} \text{ - odgovara po kriterijumu P2.}$

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $AC \rightarrow G$  dobijamo šeme relacija  $N_4(\{A, C, G\}, \{AC \rightarrow G\})$  i  $N_5(\{A, C, G\}, \{E \rightarrow C, AC \rightarrow E\})$ . Dobijena šema relacije  $N_4$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

$E \rightarrow C : C \not\subseteq E, E_{F_4}^+ = EC \not\supseteq R_4, F_{4|EC} = \{E \rightarrow C\}, F_{4|EA} = \{\} \text{ - odgovara samo po kriterijumu P3.}$

$AC \rightarrow E : E \not\subseteq AC, (AC)_{F_4}^+ = ACE = R_4, ACE \not\subseteq R_4 \text{ ne odgovara ni po P1, P2, P3}$

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $E \rightarrow C$  dobijamo šeme relacija  $N_5(\{E, C\}, \{E \rightarrow C\})$  i  $N_6(\{A, E\}, \{\})$ . Dobijene šeme relacija  $N_5$  i  $N_6$  nalaze se u BCNF. Prilikom postupka dekompozicije došlo je do gubitka funkcionalne zavisnosti  $AC \rightarrow E$  iz polaznog skupa  $F_N$ .

Postupkom dekompozicije dobijen je skup šema relacija  $S = \{(N_1(\{A, B\}, \{A\}), N_2(\{E, F\}, \{E\}), N_3(\{C, D\}, \{C, D\}), N_4(\{A, C, G\}, \{AC\}), N_5(\{E, C\}, \{E\}), N_6(\{A, E\}, \{AE\})\}$ , gde je  $S = \{(\{A, B\}, \{A \rightarrow B\}), (\{E, F\}, \{E \rightarrow F\}), (\{C, D\}, \{C \rightarrow D, D \rightarrow C\}), (\{A, C, G\}, \{AC \rightarrow G\}), (\{E, C\}, \{E \rightarrow C\}), (\{A, E\}, \{\})\}$ . Dobijeni skup šema relacija nalazi se u BCNF.

U narednom koraku proveramo spojivost šema relacija koja garantuje da će skup šema i dalje biti u BCNF. Uslov koji važi je  $bcnf(R_i, F_i) \wedge bcnf(R_j, F_j) \wedge K_i \cap K_j \neq \emptyset \Rightarrow bcnf(R_k, F_k)$ . Spajanjem  $(R_i, F_i)$  i  $(R_j, F_j)$  uz uslov  $K_i \cap K_j \neq \emptyset$  dobija se  $(R_k, F_k)$ , za koju važi  $R_k = R_i \cup R_j, F_k = F_i \cup F_j$  i  $K_k = K_i \cup K_j$ .

Šeme relacija N2 i N5 su u BCNF, i imaju zajednički ključ E pa su spojive u novu šemu relacije čime nastaje  $N'_2 = (\{E, F, C\}, \{E\})$ . Sada imamo novi skup šema relacija  $S = \{(N_1(\{A, B\}, \{A\}), N'_2(\{E, F, C\}, \{E\}), N_3(\{C, D\}, \{C, D\}), N_4(\{A, C, G\}, \{AC\}), N_6(\{A, E\}, \{AE\})\}$ , gde je  $S = \{(\{A, B\}, \{A \rightarrow B\}), (\{E, F, C\}, \{E \rightarrow F, E \rightarrow C\}), (\{C, D\}, \{C \rightarrow D, D \rightarrow C\}), (\{A, C, G\}, \{AC \rightarrow G\}), (\{A, E\}, \{\})\}$ . Dobijeni skup šema relacija nalazi se u BCNF.

U narednom koraku proveramo spojivost šema relacija na osnovu ekvivalentnih ključeva.  $(K_i)_F^+ = (K_j)_F^+$  - šeme relacija se  $(R_i, F_i), (R_j, F_j)$  se spajaju u jednu šemu relacije.

Algoritmi sinteze i dekompozicije

$(AC)^+ = ACBDGEF = (AE)^+$  - mogu se spojiti  $N_4, N_6$  u novu šemu relacija  $S = \{(N_4 \cap (A,B)), (A, E)\}$ . Sada imamo novi skup šema relacija  $S = \{(N_4 \cap (A,B)), (A, E)\}$ ,  $N'_4 = \{A, C, E, G\}$ ,  $\{AC, AE\}$ , gde je  $N'_4$  u 3NF. U postupku spajanja šema relacija nadoknadena je izgubljena funkcionalna zavisnost  $AC \rightarrow E$ .

Pošto šema relacije  $N'_4$  sadrži ključ šeme univerzalne relacije  $AC, AE$  očuvan je spoj bez gubitaka informacija.

U dobijenom skupu šema relacija važe referencijalni integriteti:  $N'_4[A] \subseteq N_1[A]$ ,  $N'_4[C] \subseteq N_3[C]$ ,  $N'_4[E] \subseteq N'_2[E]$ ,  $N'_2[C] \subseteq N_3[C]$ .

### Zadatak 5.8.

Data je šema univerzalne relacije  $U(R, F)$ , gde je polazni skup obeležja  $R = \{A, B, C, D, E, F\}$  i skup funkcionalnih zavisnosti  $F = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow D, CD \rightarrow E, C \rightarrow A, D \rightarrow B, B \rightarrow F\}$ . Metodom dekompozicije odrediti skup šema relacija.

#### Rešenje:

Skup ključeva univerzalne šeme relacije  $K = \{AB, BC, AD, CD\}$ .

Funkcionalne zavisnosti  $AB \rightarrow C, AB \rightarrow D$  i  $CD \rightarrow E$  sadrže ključ sa leve strane pa najpre pokušavamo dekompoziciju po ostalim funkcionalnim zavisnostima iz  $F$ .

Pokazati da funkcionalne zavisnosti  $C \rightarrow A, D \rightarrow B$  ne zadovoljavaju uslov P.

$B \rightarrow F: F \notin B, B^+ = BF \not\supseteq U, F|_{BF} = \{B \rightarrow F\}, F|_{ABCDE} = F \setminus \{B \rightarrow F\}$  – odgovara po kriterijumu P1.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $B \rightarrow F$  dobijamo šeme relacija  $N_1(\{B, F\}, \{B \rightarrow F\})$  i  $N(\{A, B, C, D, E\}, \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow D, CD \rightarrow E, C \rightarrow A, D \rightarrow B\})$ . Dobijena šema relacije  $N_1$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

Dokazati da nijedna funkcionalna zavisnost ne zadovoljava uslov P1.

Dokazati da funkcionalne zavisnosti  $C \rightarrow A, D \rightarrow B$  ne zadovoljavaju uslov P2.

$CD \rightarrow E: E \notin CD, (CD)^+ = CDEAB = R_1$ , pa ne zadovoljava P1,  $CDE \subset R_1, F_{1|CDE} = \{CD \rightarrow E\}, F_{1|ABCD} = F_1 \setminus \{CD \rightarrow E\}$  - odgovara po kriterijumu P2.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $CD \rightarrow E$  dobijamo šeme relacija  $N_2(\{C, D, E\}, \{CD \rightarrow E\})$  i  $N(\{A, B, C, D\}, \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow D, C \rightarrow A, D \rightarrow B\})$ . Dobijena šema relacije  $N_2$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

Dokazati da nijedna funkcionalna zavisnost ne zadovoljava uslov P1.

$AB \rightarrow C; C \notin AB, (AB)^+ = ABCD = R_2, ABC \subset R_2, F_{2|ABC} = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A\}, F_{2|ABD} = \{AB \rightarrow D, D \rightarrow B\}$  - odgovara po kriterijumu P2

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $AB \rightarrow C$  dobijamo šeme relacija  $N_{21}(\{A, B, C\}, \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A\})$  i  $N_{22}(\{A, B, D\}, \{AB \rightarrow D, D \rightarrow B\})$ . Dobijene šeme relacija  $N_{21}$  i  $N_{22}$  se ne nalaze u BCNF pa nastavljamo postupak dekompozicije u obe šeme relacija.

Dokazati da  $C \rightarrow A$  i  $D \rightarrow B$  jedino zadovoljavaju kriterijum po P3, a ostale ne.

Dekompozicijom šeme relacije  $N_{21}$  na osnovu funkcionalne zavisnosti  $C \rightarrow A$  dobijamo šeme relacija  $N_3(\{A, C\}, \{C \rightarrow A\})$  i  $N_4(\{B, C\}, \{\})$ . Dobijene šeme relacija  $N_3$  i  $N_4$  se nalaze u BCNF. U postupku dekompozicije izgubljena je funkcionalna zavisnost  $AB \rightarrow C$ .

Dekompozicijom šeme relacije  $N_{22}$  na osnovu funkcionalne zavisnosti  $D \rightarrow B$  dobijamo šeme relacija  $N_5(\{B, D\}, \{D \rightarrow B\})$  i  $N_6(\{A, D\}, \{\})$ . Dobijene šeme relacija  $N_5$  i  $N_6$  se nalaze u BCNF. U postupku dekompozicije izgubljena je funkcionalna zavisnost  $AB \rightarrow D$ .

Postupkom dekompozicije dobijen je skup šema relacija  $S = \{N_1(\{A, C\}, \{C\}), N_2(\{B, C\}, \{BC\}), N_3(\{B, D\}, \{D\}), N_4(\{A, D\}, \{AD\}), N_5(\{C, D, E\}, \{CD\}), N_6(\{B, F\}, \{B\})\}$ . Dobijeni skup šema relacija nalazi se u BCNF.

U narednom koraku proveramo spojivost šema relacija koja garantuje da će skup šema i dalje biti u BCNF. Uslov koji važi je  $\text{bcnf}(R_i, F_i) \wedge \text{bcnf}(R_j, F_j) \wedge K_i \cap K_j \neq \emptyset \Rightarrow \text{bcnf}(R_k, F_k)$ . Spajanjem  $(R_i, F_i)$  i  $(R_j, F_j)$  uz uslov  $K_i \cap K_j \neq \emptyset$  dobija se  $(R_k, F_k)$ , za koju važi  $R_k = R_i \cup R_j, F_k = F|_{R_i \cup R_j}$  i  $K_k = K_i \cup K_j$ . Skup šema relacija ne sadrži šeme relacija koje zadovoljavaju ovaj uslov.

U narednom koraku proveramo spojivost šema relacija na osnovu ekvivalentnih ključeva.  $(K_i)_F^+ = (K_j)_F^+$  - šeme relacija se  $(R_i, F_i), (R_j, F_j)$  se spajaju u jednu šemu relacije.

$(BC)^+ = BCAFDE = (AD)^+ = (CD)^+$  - mogu se spojiti  $N_2, N_4$  i  $N_5$  u novu šemu relacije  $N'_2 = (\{A, B, C, D, F, E\}, \{BC, AD, CD\})$ . Sada imamo novi skup šema relacija  $S = \{N_1(\{A, C\}, \{C\}), N'_2(\{B, C, D, E, A\}, \{BC, AD, CD\}), N_3(\{B, D\}, \{D\}), N_4(\{B, F\}, \{B\})\}$ .

Pošto šema relacije  $N'_2$  sadrži ključ šeme univerzalne relacije  $AC, AE$  očuvan je spoj bez gubitaka informacija.

U dobijenom skupu šema relacija važe referencijalni integriteti:  $N'_2[C] \subseteq N_1[C], N'_2[D] \subseteq N_3[D], N'_2[B] \subseteq N_4[B], N_3[B] \subseteq N_4[B]$ .

### Zadatak 5.9.

Data je šema univerzalne relacije  $U(R, F)$ , gde je polazni skup obeležja  $R = \{A, B, C, D, E, F, G\}$  i skup funkcionalnih zavisnosti  $F = \{A \rightarrow B, AC \rightarrow D, B \rightarrow D, C \rightarrow F, CD \rightarrow E, AC \rightarrow G, EF \rightarrow G\}$ . Metodom dekompozicije odrediti skup šema relacija.

Rešenje:

Skup ključeva šeme univerzalne relacije  $K = \{AC\}$ .

Najpre ćemo izračunati kanonički pokrivač polaznog skupa funkcionalnih zavisnosti  $F$ . Prvi korak u ovom postupku je dekompozicija desnih strana polaznog skupa funkcionalnih zavisnosti  $F$ . Na osnovu polaznog skupa uočavamo da je skup  $F$  desno dekomponovan. Naredni korak u postupku računanja kanoničkog pokrivača je redukcija levih strana funkcionalnih zavisnosti iz skupa  $F$ .

$$AC \rightarrow D : A^+ = ABD - \text{redukuje se na } A \rightarrow D$$

$$CD \rightarrow E : C^+ = CF, D^+ = D - \text{ne može se redukovati}$$

$$AC \rightarrow G : A^+ = ABD, C^+ = CF - \text{ne može se redukovati}$$

$$EF \rightarrow G : E^+ = E, F^+ = F - \text{ne može se redukovati}$$

Nakon koraka redukcije skup  $F$  transformišemo u skup  $F_1 = \{A \rightarrow B, A \rightarrow D, B \rightarrow D, C \rightarrow F, CD \rightarrow E, AC \rightarrow G, EF \rightarrow G\}$

Naredni korak u postupku računanja kanoničkog pokrivača je računanje suvišnih funkcionalnih zavisnosti u skupu  $F_1$ .

$$A \rightarrow B : B \notin A_{F_1 \setminus \{A \rightarrow B\}}^+ = AD$$

$$A \rightarrow D : D \in A_{F_1 \setminus \{A \rightarrow D\}}^+ = ABD - \text{suvišna}$$

$$B \rightarrow D : D \notin B_{F_1 \setminus \{B \rightarrow D\}}^+ = B$$

$$C \rightarrow F : F \notin C_{F_1 \setminus \{C \rightarrow F\}}^+ = C$$

$$CD \rightarrow E : E \notin (CD)_{F_1 \setminus \{CD \rightarrow E\}}^+ = CDF$$

$$AC \rightarrow G : G \in (AC)_{F_1 \setminus \{AC \rightarrow G\}}^+ = ACBDEFG - \text{suvišna}$$

$$EF \rightarrow G : G \notin (EF)_{F_1 \setminus \{EF \rightarrow G\}}^+ = EF$$

Nakon koraka u kojem su uklonjene suvišne funkcionalne zavisnosti dobijamo kanonički pokrivač  $G = \{A \rightarrow B, B \rightarrow D, C \rightarrow F, CD \rightarrow E, EF \rightarrow G\}$

Nakon što smo odredili kanonički pokrivač prelazimo u postupak dekompozicije

$EF \rightarrow G : G \notin EF, (EF)^+ = EFG \not\subseteq U, G|_{EF} = \{EF \rightarrow G\}, G|_{U \setminus \{G\}} = G \setminus \{EF \rightarrow G\}$ , odgovara po kriterijumu P1

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $EF \rightarrow G$  dobijamo šeme relacija  $N_l(\{E,F,G\}, \{EF \rightarrow G\})$  i  $N(\{A,B,C,D,E,F\}, \{A \rightarrow B, B \rightarrow D, C \rightarrow F, CD \rightarrow E\})$ . Dobijena šema relacija  $N_l$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

$C \rightarrow F : F \notin CF, (C)^+ = CF \not\subseteq R_1, G_1|_{EF} = \{C \rightarrow F\} \quad G_1|_{ABCDE} = G_1 \setminus \{C \rightarrow F\}$ , odgovara po kriterijumu P1.

Baze podataka - zbirka zadataka  
 Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $C \rightarrow F$  dobijamo šeme relacija  $N_4(\{C,F\}, \{C \rightarrow F\})$  i  $N(\{A,B,C,D,E\}, \{A \rightarrow B, B \rightarrow D, CD \rightarrow E\})$ . Dobijena šema relacije  $N$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.  
 $CD \rightarrow E : E \notin CD$ ,  $(CD)^+ = CDE \not\subseteq R_2$ ,  $G_{2|CDE} = \{CD \rightarrow E\}$ .  $G_{2|ABCD} = \{A \rightarrow B, B \rightarrow D\}$  - odgovara po kriterijumu P1.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $CD \rightarrow E$  dobijamo šeme relacija  $N_3(\{C,D,E\}, \{CD \rightarrow E\})$  i  $N(\{A,B,C,D\}, \{A \rightarrow B, B \rightarrow D\})$ . Dobijena šema relacije  $N_3$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.  
 $B \rightarrow D : D \notin B$ ,  $B^+ = BD \not\subseteq R_3$ ,  $G_{3|BD} = \{B \rightarrow D\}$ ,  $G_{3|ABC} = \{A \rightarrow B\}$  - odgovara po kriterijumu P1.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $B \rightarrow D$  dobijamo šeme relacija  $N_4(\{B,D\}, \{B \rightarrow D\})$  i  $N(\{A,B,C\}, \{A \rightarrow B\})$ . Dobijena šema relacije  $N_4$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.  
 $A \rightarrow B : B \notin A$ ,  $A^+ = AB \not\subseteq R_4$ ,  $G_{4|AB} = \{A \rightarrow B\}$ ,  $G_{3|AC} = \{\}$  - odgovara po kriterijumu P1.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $A \rightarrow B$  dobijamo šeme relacija  $N_5(\{A,B\}, \{A \rightarrow B\})$  i  $N_6(\{A,C\}, \{\})$ . Dobijene šema relacije  $N_5$  i  $N_6$  nalaze se u BCNF. Postupkom dekompozicije dobijen je skup šema relacija  $S = \{N_1(\{A,B\}, \{A\}), N_2(\{A,C\}, \{AC\}), N_3(\{B,D\}, \{B\}), N_4(\{C,D,E\}, \{CD\}), N_5(\{C,F\}, \{C\}), N_6(\{E,F,G\}, \{EF\})\}$ . Dobijeni skup šema relacija nalazi se u BCNF. Očuvan je spoj bez gubitaka jer se ključ šeme univerzalne relacije nalazi u šemi  $N_2$ . U dobijenom skupu šema relacija važe referencijalni integriteti:  $N_2[A] \subseteq N_1[A], N_2[C] \subseteq N_5[C], N_1[C] \subseteq N_5[C], N_4[C] \subseteq N_5[C]$ .

### Zadatak 5.10.

Data je šema univerzalne relacije  $U(R,F)$ , gde je polazni skup obeležja  $R = \{A, B, C, D, E, F, G, H\}$  i skup funkcionalnih zavisnosti  $F = \{ABC \rightarrow D, ABC \rightarrow E, AG \rightarrow H, A \rightarrow G, G \rightarrow B, H \rightarrow A, H \rightarrow E, AC \rightarrow H\}$ . Metodom dekompozicije odrediti skup šema relacija.

#### Rešenje:

Skup ključeva šeme univerzalne relacije  $K = \{ACF\}$ .

Najpre ćemo izračunati kanonički pokrivač polaznog skupa funkcionalnih zavisnosti  $F$ . Prvi korak u ovom postupku je dekompozicija desnih strana polaznog skupa funkcionalnih zavisnosti  $F$ . Na osnovu polaznog skupa uočavamo da je skup  $F$

Algoritam simeze i dekompozicije  
 desno dekomponovin. Naredni korak u postupku računanja kanoničkog pokrivača je redukcija levih strana funkcionalnih zavisnosti iz skupa  $F$ .

$$ABC \rightarrow D : A^+ = AGBHE, B^+ = B, C^+ = C, (AB)^+ = AGBHE, (AC)^+ = ACGBDEH$$

- redukuje se na  $AC \rightarrow D$

$$ABC \rightarrow E : A^+ = AGBHE - \text{redukuje se na } A \rightarrow E$$

$$AG \rightarrow H : A^+ = AGBHE - \text{redukuje se na } A \rightarrow H$$

$$AC \rightarrow H : A^+ = AGBHE - \text{redukuje se na } A \rightarrow H$$

Nakon koraka redukcije skup  $F$  transformišemo u skup  $F_1 = \{AC \rightarrow D, A \rightarrow E, A \rightarrow H, A \rightarrow G, G \rightarrow B, H \rightarrow A, H \rightarrow E\}$ .

Naredni korak u postupku računanja kanoničkog pokrivača je računanje suvišnih funkcionalnih zavisnosti u skupu  $F_1$ .

$$AC \rightarrow D : D \notin (AC)_{F_1}^+ \setminus \{AC \rightarrow D\} = ACEHGB$$

$$A \rightarrow E : E \in A_{F_1}^+ \setminus \{A \rightarrow E\} = AHGBE - \text{suvišna}$$

$$A \rightarrow H : H \notin A_{F_1}^+ \setminus \{A \rightarrow H\} = AGB$$

$$A \rightarrow G : G \notin A_{F_1}^+ \setminus \{A \rightarrow G\} = AHE$$

$$G \rightarrow B : B \notin G_{F_1}^+ \setminus \{G \rightarrow B\} = G$$

$$H \rightarrow A : A \in H_{F_1}^+ \setminus \{H \rightarrow A\} = HE$$

$$H \rightarrow E : E \notin H_{F_1}^+ \setminus \{H \rightarrow E\} = HAGB$$

Nakon koraka u kojem su uklonjene suvišne funkcionalne zavisnosti dobijamo kanonički pokrivač  $G = \{AC \rightarrow D, A \rightarrow H, A \rightarrow G, G \rightarrow B, H \rightarrow A, H \rightarrow E\}$

Nakon što smo odredili kanonički pokrivač prelazimo u postupak dekompozicije

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $G \rightarrow B$  dobijamo šeme relacija  $N_1(\{G, B\}, \{G \rightarrow B\})$  i  $N(\{A, C, D, E, F, G, H\}, \{AC \rightarrow D, A \rightarrow H, A \rightarrow G, H \rightarrow A, H \rightarrow E\})$ . Dobijena šema relacije  $N_1$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $H \rightarrow E$  dobijamo šeme relacija  $N_2(\{H, E\}, \{H \rightarrow E\})$  i  $N(\{A, C, D, F, G, H\}, \{AC \rightarrow D, A \rightarrow H, A \rightarrow G, H \rightarrow A\})$ . Dobijena šema relacije  $N_2$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $A \rightarrow G$  dobijamo šeme relacija  $N_3(\{A, G\}, \{A \rightarrow G\})$  i  $N(\{A, C, D, F, H\}, \{AC \rightarrow D, A \rightarrow H, H \rightarrow A\})$ . Dobijena šema relacije  $N_3$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF nastavljamo postupak dekompozicije.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $AC \rightarrow D$  dobijamo šeme relacija  $N_4(\{A, C, D\}, \{AC \rightarrow D\})$  i  $N(\{A, C, F, H\}, \{A \rightarrow H, H \rightarrow A\})$ . Dobijena šema

Baze podataka - zbirka zadataka  
nastavljamo postupak

relacije  $N_4$  nalazi se u BCNF. Pošto  $N$  nije u BCNF

dekompozicije.

Dekompozicijom na osnovu funkcionalne zavisnosti  $A \rightarrow H$  dobijamo šeme relacija  $N_5(\{A, H\}, \{A \rightarrow H, H \rightarrow A\})$  i  $N_6(\{A, C, F\}, \{\})$ . Dobijene šeme relacija  $N_5$  i  $N_6$  nalaze se u BCNF.

Postupkom dekompozicije dobijen je skup šema relacija  $S = \{N_1(\{A, C, F\}, \{ACF\}), N_2(\{A, H\}, \{A, H\}), N_3(\{A, C, D\}, \{AC\}), N_4(\{A, G\}, \{A\}), N_5(\{H, E\}, \{H\}), N_6(\{G, B\}, \{G\})\}$ . Dobijeni skup šema relacija nalazi se u BCNF.

Očuvan je spoj bez gubitaka jer se ključ šeme univerzalne relacije nalazi u šemi  $N_5$ .

U narednom koraku proveramo spojivost šema relacija koja garantuje da će skup šema i dalje biti u BCNF. Uslov koji važi je  $bcnf(R_i, F_i) \wedge bcnf(R_j, F_j) \wedge K_i \cap K_j \neq \emptyset \Rightarrow bcnf(R_k, F_k)$ . Spajanjem  $(R_i, F_i)$  i  $(R_j, F_j)$  uz uslov  $K_i \cap K_j \neq \emptyset$  dobija se  $(R_k, F_k)$ , za koju važi  $R_k = R_i \cup R_j, F_k = F|_{R_i \cup R_j}$  i  $K_k = K_i \cup K_j$ .

Šeme relacija  $N_2, N_4$  i  $N_5$  su u BCNF, i imaju zajednički ključ  $\{A, H\}$  pa su spojive u novu šemu relacije čime nastaje  $N'_2 = (\{A, E, G, H\}, \{A, H\})$ . Sada imamo novi skup šema relacija  $S = \{N_1(\{A, C, F\}, \{ACF\}), N'_2(\{A, E, G, H\}, \{A, H\}), N_3(\{A, C, D\}, \{AC\}), N_4(\{G, B\}, \{G\})\}$ . Dobijeni skup šema relacija nalazi se u BCNF.

U dobijenom skupu šema relacija važe referencijalni integriteti:  $N_1[AC] \subseteq N_3[AC], N_1[A] \subseteq N'_2[A], N'_2[G] \subseteq N_4[G]$