Projektovanje šeme baze podataka metodom sinteze

Algoritam sinteze

Metoda sinteze

- **Motivacija**
  - automatsko generisanje skupa šema relacija i skupa međurelacionih ograničenja
    - polazeći od univerzalnog skupa obeležja i funkcionalnih zavisnosti
    - uklanjanjem suvišnih fz i suvišnih obeležja iz levih strana fz
  - dobijeni skup šema relacija je najmanje u 3NF
  - očuvanje polaznog skupa funkcionalnih zavisnosti
  - očuvanje spojivosti bez gubitaka

Motivacija, ulazi, izlazi i koraci

- **Ulaz**
  - šema univerzalne relacije

$$(\boldsymbol{U}, \boldsymbol{F})$$

  - ***U*** - skup obeležja
  - ***F*** - skup funkcionalnih zavisnosti
- **Izlaz**
  - šema baze podataka: (S, I)
    - skup šema relacija u 3NF

$$S = \{(R_i, K_i) \mid i \in \{1,..., n\}\}$$

    - skup međurelacionih ograničenja
      - skup ograničenja referencijalnih integriteta

Koraci algoritma sinteze

- Formiranje kanoničkog pokrivača
  - dekompozicija desnih strana skupa fz
  - redukcija levih strana fz
  - eliminacija redundantnih fz
- Transformacija kanoničkog pokrivača
  - particioniranje kanoničkog pokrivača
  - određivanje ekvivalentnih levih strana
  - uklanjanje tranzitivnih zavisnosti
  - rekonstrukcija particije kanoničkog pokrivača
- Formiranje relacione šeme baze podataka
  - formiranje skupa šema relacija
  - formiranje ograničenja stranog ključa
- Očuvanje spoja bez gubitaka

Kanonički pokrivača

- **Kanonički pokrivač datog skupa fz *F***
- Skup fz, označen sa $kp(F)$, takav da
  - važi ekvivalencija s polaznim skupom F

$$F \equiv kp(F)$$

  - sve desne strane fz iz $kp(F)$ sadrže tačno jedno obeležje

$$(\forall X \rightarrow A \in kp(F))(A \in U)$$

  - sve fz iz $kp(F)$ su potpune (levo redukovane)

$$(\forall X \rightarrow A \in kp(F))(\forall X' \subset X)(X' \rightarrow A \notin F^+)$$

  - ne postoje redundantne fz u $kp(F)$

$$\neg(\exists X \rightarrow A \in kp(F))(kp(F) \setminus \{X \rightarrow A\} \equiv kp(F))$$

Koraci algoritma sinteze

- **Formiranje kanoničkog pokrivača**
  - **dekompozicija desnih strana skupa fz**
  - **redukcija levih strana fz**
  - **eliminacija redundantnih fz**
- Transformacija kanoničkog pokrivača
  - particioniranje kanoničkog pokrivača
  - određivanje ekvivalentnih levih strana
  - uklanjanje tranzitivnih zavisnosti
  - rekonstrukcija particije kanoničkog pokrivača
- Formiranje relacione šeme baze podataka
  - formiranje skupa šema relacija
  - formiranje ograničenja stranog ključa
- Očuvanje spoja bez gubitaka

Formiranje kanoničkog pokrivača

- **Dekompozicija desnih strana skupa fz**
  - inicijalni skup fz ***F*** transformiše se u ekvivalentni oblik

$$\boldsymbol{F} = \{X \rightarrow A \mid A \in \boldsymbol{U} \land X \subseteq \boldsymbol{U}\}$$

  - svaka fz s desne strane sadrži samo jedno obeležje

Formiranje kanoničkog pokrivača

- **Redukcija levih strana fz**
  - inicijalni skup fz ***F*** transformiše se u ekvivalentni oblik
  - uklanjanje logički suvišnih obeležja iz leve strane svake fz
  - test za svaku fz $X \rightarrow A \in \boldsymbol{F}$ i za svako $B \in X$:
    - ako je $(X \setminus \{B\} \rightarrow A \in \boldsymbol{F}^{+})$, tada:

$$\boldsymbol{F} \leftarrow (\boldsymbol{F} \setminus \{X \rightarrow A\}) \cup \{X \setminus \{B\} \rightarrow A\}$$

Formiranje kanoničkog pokrivača

- **Primer**
  - $\boldsymbol{U} = \{A, B, C, D, E, F\}$
  - $\boldsymbol{F} = \{AB \rightarrow C, A \rightarrow D, A \rightarrow B, B \rightarrow A, CD \rightarrow E, E \rightarrow F, D \rightarrow E, A \rightarrow E, B \rightarrow B\}$
  - neredukovane fz:
    - $AB \rightarrow C$, jer važi $A \rightarrow C$ ($(A)^+_{\boldsymbol{F}} = ABCDEF$)
    - $CD \rightarrow E$, zbog $D \rightarrow E$
  - nakon redukcije:
  - $\boldsymbol{F} \leftarrow (\boldsymbol{F} \setminus \{AB \rightarrow C, CD \rightarrow E\}) \cup \{A \rightarrow C, D \rightarrow E\}$
  - $\boldsymbol{F} = \{A \rightarrow C, A \rightarrow D, A \rightarrow B, B \rightarrow A, E \rightarrow F, D \rightarrow E, A \rightarrow E, B \rightarrow B\}$

Formiranje kanoničkog pokrivača

- **Eliminacija redundantnih fz**
  - redundantne (suvišne) su one fz koje logički slede iz ostalih fz
    - tranzitivne, pseudotranzitivne, ili trivijalne fz
  - test za svaku fz $X \rightarrow A \in \boldsymbol{F}$:
    - ako je $X \rightarrow A \in (\boldsymbol{F} \setminus \{X \rightarrow A\})^+$ tada:

$$\boldsymbol{F} \leftarrow \boldsymbol{F} \setminus \{X \rightarrow A\}$$

Formiranje kanoničkog pokrivača

- **Primer**
  - $\boldsymbol{F} = \{A \rightarrow C,\ A \rightarrow D,\ A \rightarrow B,\ B \rightarrow A,\ E \rightarrow F,\ D \rightarrow E,\ A \rightarrow E,\ B \rightarrow B\}$
  - suvišne fz:
    - $B \rightarrow B$: trivijalna fz
    - $A \rightarrow E$: tranzitivna fz, zbog $A \rightarrow D$ i $D \rightarrow E$
  - nakon eliminacije suvišnih fz:
  - $\boldsymbol{F} \leftarrow \boldsymbol{F} \setminus \{B \rightarrow B,\ A \rightarrow E\}$
  - $\boldsymbol{F} = \{A \rightarrow C,\ A \rightarrow D,\ A \rightarrow B,\ B \rightarrow A,\ E \rightarrow F,\ D \rightarrow E\}$
  - ***F*** predstavlja kanonički pokrivač $kp(\boldsymbol{F})$
    - levo redukovan
    - neredundantan
    - ekvivalentan polaznom ***F***

Koraci algoritma sinteze

- Formiranje kanoničkog pokrivača
  - dekompozicija desnih strana skupa fz
  - redukcija levih strana fz
  - eliminacija redundantnih fz
- **Transformacija kanoničkog pokrivača**
  - **particioniranje kanoničkog pokrivača**
  - **određivanje ekvivalentnih levih strana**
  - **uklanjanje tranzitivnih zavisnosti**
  - **rekonstrukcija particije kanoničkog pokrivača**
- Formiranje relacione šeme baze podataka
  - formiranje skupa šema relacija
  - formiranje ograničenja stranog ključa
- Očuvanje spoja bez gubitaka

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Particioniranje kanoničkog pokrivača**
  - podela kanoničkog pokrivača skupa fz na podskupove s istim levim stranama

$$\boldsymbol{G} = \{G(X_i) \mid i \in \{1,\ldots, n\}\}$$

  - $X_1,\ldots, X_n$
    - sve različite leve strane fz iz kanoničkog pokrivača
    - $G(X_i) = \{Y \rightarrow A \in kp(\boldsymbol{F}) \mid Y = X_i\}$
    - $(\forall i, j \in \{1,\ldots, n\})(X_i \neq X_j)$
    - $(\forall Y \rightarrow A \in kp(\boldsymbol{F}))(\exists G(X_i) \in \boldsymbol{G})(Y = X_i)$

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Primer**

$$kp(\boldsymbol{F}) = \{A \rightarrow C,\ A \rightarrow D,\ A \rightarrow B,\ B \rightarrow A,\ E \rightarrow F,\ D \rightarrow E\}$$

  - podskupovi skupa $kp(\boldsymbol{F})$ sa istim levim stranama
    - $G(A) = \{A \rightarrow C,\ A \rightarrow D,\ A \rightarrow B\}$
    - $G(B) = \{B \rightarrow A\}$
    - $G(D) = \{D \rightarrow E\}$
    - $G(E) = \{E \rightarrow F\}$

$$\boldsymbol{G} = \{G(A),\ G(B),\ G(D),\ G(E)\}$$

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Određivanje ekvivalentnih levih strana**
  - za sve $G(X_i) \in \boldsymbol{G}$, izračunava se zatvarač $(X_i)^+_{\boldsymbol{F}}$
  - uniranje podskupova $G(X_i)$, $G(X_j) \in \boldsymbol{G}$ s ekvivalentnim levim stranama
    - za svaki $(X_i)^+_{\boldsymbol{F}} = (X_j)^+_{\boldsymbol{F}}$, $G(X_i)$, $G(X_j)$ predstavljaju grupe s ekvivalentnim levim stranama
    - X_i i X_j predstavljaju ekvivalentne leve strane, jer je $(X_i)^+_{\boldsymbol{F}} = (X_j)^+_{\boldsymbol{F}}$, odnosno važi:

      $$\{X_i \rightarrow X_j,\ X_j \rightarrow X_i\} \subseteq \boldsymbol{F}^+$$
    - $G(X_i, X_j) = G(X_i) \cup G(X_j)$
  - transformacija particije $\boldsymbol{G}$
    - $\boldsymbol{G} \leftarrow (\boldsymbol{G} \setminus \{G(X_i), G(X_j)\}) \cup \{G(X_i, X_j)\}$

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Primer**

$$kp(\boldsymbol{F}) = \{A \rightarrow C,\ A \rightarrow D,\ A \rightarrow B,\ B \rightarrow A,\ E \rightarrow F,\ D \rightarrow E\}$$

  - zatvarači levih strana za sve grupe
    - $G(A) = \{A \rightarrow C, A \rightarrow D, A \rightarrow B\}$, $(A)^+_{\boldsymbol{F}} = ABCDEF$
    - $G(B) = \{B \rightarrow A\}$, $(B)^+_{\boldsymbol{F}} = BACDEF$
    - $G(D) = \{D \rightarrow E\}$, $(D)^+_{\boldsymbol{F}} = DEF$
    - $G(E) = \{E \rightarrow F\}$, $(E)^+_{\boldsymbol{F}} = EF$
  - uniranje grupa s ekvivalentnim levim stranama
    - $G(A, B) = G(A) \cup G(B) = \{A \rightarrow C, A \rightarrow D, A \rightarrow B, B \rightarrow A\}$
    - $G(D) = \{D \rightarrow E\}$
    - $G(E) = \{E \rightarrow F\}$
    - $\boldsymbol{G} \leftarrow (\boldsymbol{G} \setminus \{G(A), G(B)\}) \cup \{G(A, B)\}$

$$\boldsymbol{G} = \{G(A, B), G(D), G(E)\}$$

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Određivanje ekvivalentnih levih strana**
  - mogućа rekurzivna primena postupka uniranja grupa
    - neka su $G(X_{i_1},..., X_{i_n})$, $G(X_j) \in \boldsymbol{G}$
    - neka je za svaki $X_i \in \{X_{i_1},..., X_{i_n}\}$: $(X_i)^+_{\boldsymbol{F}} = (X_j)^+_{\boldsymbol{F}}$
    - tada je: $G(X_{i_1},..., X_{i_n}, X_j) = G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \cup G(X_j)$
  - transformacija particije $\boldsymbol{G}$
    - $\boldsymbol{G} \leftarrow (\boldsymbol{G} \setminus \{G(X_{i_1},..., X_{i_n}), G(X_j)\}) \cup \{G(X_{i_1},..., X_{i_n}, X_j)\}$
  - postupak transformacije skupova iz $\boldsymbol{G}$ ponavlja se rekurzivno
    - dokle god postoje parovi s ekvivalentnim levim stranama

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Uklanjanje tranzitivnih zavisnosti**
  - moguća modifikacija kanoničkog pokrivača skupa fz
  - formiranje skupa fz ekvivalentnih levih strana $\boldsymbol{J}$
    - inicijalno: $\boldsymbol{J} \leftarrow \emptyset$
    - za svaki $(X_i)^+_{\boldsymbol{F}} = (X_j)^+_{\boldsymbol{F}}$: $\boldsymbol{J} \leftarrow \boldsymbol{J} \cup \{X_i \rightarrow X_j, X_j \rightarrow X_i\}$
  - transformacija skupova fz iz $\boldsymbol{G}$
    - $G(\ldots, X_i, X_j) \leftarrow G(\ldots, X_i, X_j) \setminus (\{X_i \rightarrow A \mid A \in X_j\}$
      $\cup \{X_j \rightarrow A \mid A \in X_i\})$

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Primer**

$$kp(\boldsymbol{F}) = \{A\rightarrow C,\ A\rightarrow D,\ A\rightarrow B,\ B\rightarrow A,\ E\rightarrow F,\ D\rightarrow E\}$$

- zatvarači levih strana za sve grupe
  - $G(A) = \{A\rightarrow C,\ A\rightarrow D,\ A\rightarrow B\},\ (A)^{+}_{\boldsymbol{F}} = ABCDEF$
  - $G(B) = \{B\rightarrow A\},\ (B)^{+}_{\boldsymbol{F}} = BACDEF$
  - $G(A, B) = G(A) \cup G(B) = \{A\rightarrow C,\ A\rightarrow D,\ A\rightarrow B,\ B\rightarrow A\}$
- $\boldsymbol{J} = \{A\rightarrow B,\ B\rightarrow A\}$
  - $G(A, B) \leftarrow \{A\rightarrow C,\ A\rightarrow D,\ A\rightarrow B,\ B\rightarrow A\} \setminus \{A\rightarrow B,\ B\rightarrow A\}$
  - $G(A, B) = \{A\rightarrow C,\ A\rightarrow D\}$
  - $G(D) = \{D\rightarrow E\}$
  - $G(E) = \{E\rightarrow F\}$

$$\boldsymbol{G} = \{G(A, B),\ G(D),\ G(E)\}$$

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Uklanjanje tranzitivnih zavisnosti**
  - iz svake grupe $G_X \in \boldsymbol{G}$ uklanjaju se logički suvišne fz
  - formira se skup fz kao unija grupa $G_X \in \boldsymbol{G}$ i skupa $\boldsymbol{J}$:

$$\boldsymbol{M} = \cup_{G_X \in \boldsymbol{G}}(G_X) \cup \boldsymbol{J}$$

  - test za svaku grupu $G_X \in \boldsymbol{G}$ i svaku fz $X \rightarrow A \in G_X$,
  - ako važi $X \rightarrow A \in (\boldsymbol{M} \setminus \{X \rightarrow A\})^+$, tada je $X \rightarrow A$ suvišna:

$$G_X \leftarrow G_X \setminus \{X \rightarrow A\}$$

- **Obrazloženje**
  - uvedene fz $\boldsymbol{J} \leftarrow \boldsymbol{J} \cup \{X_i \rightarrow X_j, X_j \rightarrow X_i\}$ nisu morale postojati u originalno dobijenom $kp(\boldsymbol{F})$
  - zbog fz u $\boldsymbol{J}$ neke druge fz iz $kp(\boldsymbol{F})$ sada mogu postati suvišne

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Primer**

  $kp(\boldsymbol{F}) = \{A \to C,\ A \to D,\ A \to B,\ B \to A,\ E \to F,\ D \to E\}$

  - $G(A, B) = \{A \to C,\ A \to D\}$
  - $G(D) = \{D \to E\}$
  - $G(E) = \{E \to F\}$
  - $\boldsymbol{J} = \{A \to B,\ B \to A\}$
  - $\boldsymbol{G} = \{G(A, B),\ G(D),\ G(E)\}$

  – $\boldsymbol{M} = \{A \to C,\ A \to D,\ E \to F,\ D \to E,\ A \to B,\ B \to A\}$

  – testiraju se na suvišnost fz iz skupa $\cup_{G_X \in \boldsymbol{G}}(G_X)$:

  $$\cup_{G_X \in \boldsymbol{G}}(G_X) = \{A \to C,\ A \to D,\ E \to F,\ D \to E\}$$

  – nema suvišnih fz $\Rightarrow$

  grupe u skupu ***G*** ostaju neizmenjene

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Rekonstrukcija particije kanoničkog pokrivača**
  - svaka fz $X_i \to X_j \in \boldsymbol{J}$ vraća se u odgovarajuću grupu $G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \in \boldsymbol{G}$

$$G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \leftarrow G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \cup \{X_i \to X_j \in \boldsymbol{J} \mid X_i \in \{X_{i_1},..., X_{i_n}\}\}$$

Transformacija kanoničkog pokrivača

- **Primer**

  $kp(\boldsymbol{F}) = \{A \rightarrow C,\ A \rightarrow D,\ A \rightarrow B,\ B \rightarrow A,\ E \rightarrow F,\ D \rightarrow E\}$

  - $G(A, B) = \{A \rightarrow C,\ A \rightarrow D\}$
  - $G(D) = \{D \rightarrow E\}$
  - $G(E) = \{E \rightarrow F\}$
  - $\boldsymbol{J} = \{A \rightarrow B,\ B \rightarrow A\}$
  - $\boldsymbol{G} = \{G(A, B),\ G(D),\ G(E)\}$

  – Rekonstrukcija particije $G(A, B)$

  - $G(A, B) = \{A \rightarrow C,\ A \rightarrow D\} \cup \{A \rightarrow B,\ B \rightarrow A\}$
  - $G(A, B) = \{A \rightarrow C,\ A \rightarrow D,\ A \rightarrow B,\ B \rightarrow A\}$
  - $G(D) = \{D \rightarrow E\}$
  - $G(E) = \{E \rightarrow F\}$

Koraci algoritma sinteze

- Formiranje kanoničkog pokrivača
  - dekompozicija desnih strana skupa fz
  - redukcija levih strana fz
  - eliminacija redundantnih fz
- Transformacija kanoničkog pokrivača
  - particioniranje kanoničkog pokrivača
  - određivanje ekvivalentnih levih strana
  - uklanjanje tranzitivnih zavisnosti
  - rekonstrukcija particije kanoničkog pokrivača
- **Formiranje relacione šeme baze podataka**
  - **formiranje skupa šema relacija**
  - **formiranje ograničenja stranog ključa**
- Očuvanje spoja bez gubitaka

Formiranje relacione šeme BP

- **Formiranje skupa šema relacija**
  - svaka grupa $G_X \in \boldsymbol{G}$ daje jednu šemu relacije u finalnom skupu šema relacija

$$S = \{N_i(R_i, K_i) \mid i \in \{1,..., n\}\}$$

  - skup obeležja R_i čine sva obeležja koja se pojavljuju u skupu fz G_X
  - skup fz šeme relacije predstavlja G_X
  - skup ključeva K_i predstavlja skup levih strana svih fz iz G_X
- **Napomena**
  - nazive šema relacija ne može generisati algoritam
    - zadaje ih projektant šeme BP

Formiranje šema relacija

- **Primer**
  - $G(A, B) = \{A \rightarrow C, A \rightarrow D, A \rightarrow B, B \rightarrow A\}$
  - $G(D) = \{D \rightarrow E\}$
  - $G(E) = \{E \rightarrow F\}$

- Skup šema relacija u 3NF
  - $N_1(\{A, B, C, D\}, \{A, B\})$
  - $N_2(\{D, E\}, \{D\})$
  - $N_3(\{E, F\}, \{E\})$

Formiranje relacione šeme BP

- **Formiranje ograničenja stranog ključa**
  - formiranje skupa međurelacionih ograničenja *I*, šeme baze podataka (*S*, *I*)
  - na osnovu formiranog skupa šema relacija

$$S = \{N_i(R_i, K_i) \mid i \in \{1,\ldots, n\}\}$$

  - kada za $N_i(R_i, K_i)$ i $N_j(R_j, K_j)$ važi
    - $R_i \subset (R_j)^+_{\boldsymbol{F}}$
    - $(\exists X_i \in K_i)(X_i \subseteq R_j)$
  - formira se ograničenje stranog ključa u *I*
    - $N_j[X_i] \subseteq N_i[X_i]$

Formiranje šema relacija

- **Primer**
- Šema BP (S, I)
  - $N_1(\{A, B, C, D\}, \{A, B\})$
  - $N_2(\{D, E\}, \{D\})$
  - $N_3(\{E, F\}, \{E\})$

  - $N_2[E] \subseteq N_3[E]$
  - $N_1[D] \subseteq N_2[D]$

Koraci algoritma sinteze

- Formiranje kanoničkog pokrivača
  - dekompozicija desnih strana skupa fz
  - redukcija levih strana fz
  - eliminacija redundantnih fz
- Transformacija kanoničkog pokrivača
  - particioniranje kanoničkog pokrivača
  - određivanje ekvivalentnih levih strana
  - uklanjanje tranzitivnih zavisnosti
  - rekonstrukcija particije kanoničkog pokrivača
- Formiranje relacione šeme baze podataka
  - formiranje skupa šema relacija
  - formiranje ograničenja stranog ključa
- **Očuvanje spoja bez gubitaka**

Očuvanje spoja bez gubitaka

- Provera spoja bez gubitaka

Da li skup šema relacija sadrži šemu relacije sa ključem šeme univerzalne relacije?

- Očuvanje spoja bez gubitaka
  - ako je odgovor pozitivan, spojivost bez gubitaka je očuvana
  - skup šema relacija predstavlja dekompoziciju šeme univerzalne relacije sa spojem bez gubitaka informacija

Očuvanje spoja bez gubitaka

- Provera spoja bez gubitaka:

Da li skup šema relacija sadrži šemu relacije sa ključem šeme univerzalne relacije?

- Očuvanje spoja bez gubitaka
  - ako je odgovor negativan, dodati u skup šema relacija još jednu šemu relacije
    - sa skupom obeležja koji odgovara skupu obeležja jednog, izabranog ključa šeme univerzalne relacije
    - sa ključem koji odgovara izabranom ključu šeme univerzalne relacije

Primer 1

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

$\boldsymbol{F} = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow D, DE \rightarrow A, DE \rightarrow B, AC \rightarrow F, BF \rightarrow E, E \rightarrow C\}$

Metodom sinteze izgenerisati skup šema relacija u 3NF.

Primer 1

- $\boldsymbol{F} = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow D, DE \rightarrow A, DE \rightarrow B, AC \rightarrow F, BF \rightarrow E, E \rightarrow C\}$
- dekompozicija
  - *svaka fz sa desne strane sadrži samo jedno obeležje*
- redukcija levih strana
  - $AB \rightarrow C$: $(A)^+_{\boldsymbol{F}} = A$; $(B)^+_{\boldsymbol{F}} = B$
  - $AB \rightarrow D$: $(A)^+_{\boldsymbol{F}} = A$; $(B)^+_{\boldsymbol{F}} = B$
  - $DE \rightarrow A$: $(D)^+_{\boldsymbol{F}} = D$; $(E)^+_{\boldsymbol{F}} = EC$
  - $DE \rightarrow B$: $(D)^+_{\boldsymbol{F}} = D$; $(E)^+_{\boldsymbol{F}} = EC$
  - $AC \rightarrow F$: $(A)^+_{\boldsymbol{F}} = A$; $(C)^+_{\boldsymbol{F}} = C$
  - $BF \rightarrow E$: $(B)^+_{\boldsymbol{F}} = B$; $(F)^+_{\boldsymbol{F}} = F$
  - *nijedna fz ne može se levo redukovati*

Primer 1

- $\boldsymbol{U} = \{A, B, C, D, E, F\}$
- $\boldsymbol{F} = \{AB \to C, AB \to D, DE \to A, DE \to B, AC \to F,$
  $BF \to E, E \to C\}$
- eliminacija redundantnih fz
  - $AB \to C$: $C \not\subseteq (AB)^+_{F \backslash \{AB \to C\}} = ABD$
  - $AB \to D$: $D \not\subseteq (AB)^+_{F \backslash \{AB \to D\}} = ABCFE$
  - $DE \to A$: $A \not\subseteq (DE)^+_{F \backslash \{DE \to A\}} = DEBC$
  - $DE \to B$: $B \not\subseteq (DE)^+_{F \backslash \{DE \to B\}} = DEACF$
  - $AC \to F$: $F \not\subseteq (AC)^+_{F \backslash \{AC \to F\}} = AC$
  - $BF \to E$: $E \not\subseteq (BF)^+_{F \backslash \{BF \to E\}} = BF$
  - $E \to C$: $C \not\subseteq (E)^+_{F \backslash \{E \to C\}} = E$
  - *ne postoje redundantne fz*

Primer 1

- $kp(\boldsymbol{F}) = \boldsymbol{F} = \{AB \to C,\ AB \to D,\ DE \to A,\ DE \to B,\ AC \to F,\ BF \to E,\ E \to C\}$
- particije kanoničkog pokrivača
  - $G(AB) = \{AB \to C,\ AB \to D\}$
  - $G(DE) = \{DE \to A,\ DE \to B\}$
  - $G(AC) = \{AC \to F\}$
  - $G(BF) = \{BF \to E\}$
  - $G(E) = \{E \to C\}$
  - $\boldsymbol{G} = \{G(AB),\ G(DE),\ G(AC),\ G(BF),\ G(E)\}$

Primer 1

- $\boldsymbol{G} = \{G(AB), G(DE), G(AC), G(BF), G(E)\}$
- traženje podskupova $G(X_i), G(X_j) \in \boldsymbol{G}$ s ekvivalentnim levim stranama
  - $(AB)^+_{\boldsymbol{F}} = ABCDFE$
  - $(DE)^+_{\boldsymbol{F}} = DEABCF$
  - $(AC)^+_{\boldsymbol{F}} = ACF$
  - $(BF)^+_{\boldsymbol{F}} = BFEC$
  - $(E)^+_{\boldsymbol{F}} = EC$
- $(AB)^+_{\boldsymbol{F}} = (DE)^+_{\boldsymbol{F}}$
  - $G(AB, DE) = G(AB) \cup G(DE) = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow D, DE \rightarrow A, DE \rightarrow B\}$
  - $\boldsymbol{G} = \{G(AB, DE), G(AC), G(BF), G(E)\}$

Primer 1

- uklanjanje tranzitivnih fz - formiranje skupa fz ekvivalentnih levih strana $\boldsymbol{J}$
  - $(AB)^{+}_{\boldsymbol{F}} = (DE)^{+}_{\boldsymbol{F}}$
  - $\boldsymbol{J} = \{AB \rightarrow DE, DE \rightarrow AB\} = \{AB \rightarrow D, AB \rightarrow E, DE \rightarrow A, DE \rightarrow B\}$
  - $G(AB, DE) \leftarrow G(AB, DE) \setminus J$
  - $G(AB, DE) = \{AB \rightarrow C\}$

Primer 1

– uklanjanje tranzitivnih fz - traženje suvišnih fz iz skupa G_U

- $G_U = \cup_{G_X \in \boldsymbol{G}}(G_X) = \{AB \to C,\ AC \to F,\ BF \to E,\ E \to C\}$
- $\boldsymbol{M} = G_U \cup \boldsymbol{J} = \{AB \to C,\ AC \to F,\ BF \to E,\ E \to C,\ AB \to D,\ AB \to E,\ DE \to A,\ DE \to B\}$
- $AB \to C$: $C \in (AB)^+_{M \setminus \{AB \to C\}} = ABDECF \Rightarrow$ *suvišna*
- $AC \to F : F \notin (AC)^+_{M \setminus \{AC \to F\}} = AC$
- $BF \to E : E \notin (BF)^+_{M \setminus \{BF \to E\}} = BF$
- $E \to C : C \notin (E)^+_{M \setminus \{E \to C\}} = E$

- $AB \to C$ *suvišna* $\Rightarrow G(AB, DE) = \{\}$
- *u polaznom skupu F $AB \to C$ nije bila suvišna, ali u M je postala suvišna jer važi $AB \to E$, $E \to C$*

Primer 1

- rekonstrukcija particija
  - $G = \{G(AB, DE), G(AC), G(BF), G(E)\}$
  - $J = \{AB \rightarrow DE, DE \rightarrow AB\} = \{AB \rightarrow D, AB \rightarrow E, DE \rightarrow A, DE \rightarrow B\}$
  - $G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \leftarrow G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \cup \{X_i \rightarrow X_j \in \mathbf{J} \mid X_i \in \{X_{i_1},..., X_{i_n}\}\}$
  - $G(AB, DE) = \{AB \rightarrow D, AB \rightarrow E, DE \rightarrow A, DE \rightarrow B\}$
  - $G(AC) = \{AC \rightarrow F\}$
  - $G(BF) = \{BF \rightarrow E\}$
  - $G(E) = \{E \rightarrow C\}$
- *formiranje skupa šema relacija*
  - *S= {N1({A, B, D, E}, {AB, DE}), N2({A, C, F}, {AC}), N3({B, F, E}, {BF}), N4({E, C}, {E})}*
- *S je u 3NF*

Primer 1

- Napomena: da nije izvršena eliminacija tranzitivnih zavisnosti dobili bismo sledeće:
  - *S'= {N1({A, B, C, D, E}, {AB, DE}), N2({A, C, F}, {AC}), N3({B, F, E}, {BF}), N4({E, C}, {E})}*
  - *N1({A, B, C, D, E}, {AB, DE}) :* $AB \rightarrow C$, $AB \rightarrow D$, $AB \rightarrow E$, $DE \rightarrow A$, $DE \rightarrow B$, $DE \rightarrow C$ *:* $AB \rightarrow C$ *je tranzitivna, S' nije u 3NF*
- formiranje ograničenja stranog ključa
  - $N_1[E] \subseteq N_4[E]$
  - $N_3[E] \subseteq N_4[E]$
- spojivost bez gubitaka
  - *ključevi univerzalne šeme relacije su K={AB, DE}*
  - *u skupu S postoji šema relacije sa ključem univerzalne šeme relacije, pa je spojivost bez gubitaka očuvana*

Primer 2

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

$\boldsymbol{F} = \{ABC \rightarrow D, AB \rightarrow C, C \rightarrow A, C \rightarrow B, D \rightarrow E, AB \rightarrow E, EF \rightarrow G, G \rightarrow F, DG \rightarrow F\}$

Metodom sinteze izgenerisati skup šema relacija u 3NF.

Primer 2

- $\boldsymbol{F} = \{ABC \rightarrow D,\ AB \rightarrow C,\ C \rightarrow A,\ C \rightarrow B,\ D \rightarrow E,\ AB \rightarrow E,\ EF \rightarrow G,\ G \rightarrow F,\ DG \rightarrow F\}$
- dekompozicija
  - *svaka fz sa desne strane sadrži samo jedno obeležje*
- redukcija levih strana
  - Da li $ABC \rightarrow D$ *može da se redukuje? Tražimo minimalni pravi podskup od ABC, takav da određuje D. Možemo posmatrati redom zatvarače nad A, B, C, AB, AC, BC.*
  - $ABC \rightarrow D : (A)^+_F = A;\ (B)^+_F = B;\ (C)^+_F = CABDE \Rightarrow ABC \rightarrow D$ *se redukuje na* $C \rightarrow D$
  - $AB \rightarrow C : (A)^+_F = A;\ (B)^+_F = B$
  - $AB \rightarrow E : (A)^+_F = A;\ (B)^+_F = B$
  - $EF \rightarrow G : (E)^+_F = E;\ (F)^+_F = F$
  - $DG \rightarrow F : (D)^+_F = DE;\ (G)^+_F = GF \Rightarrow$ *redukuje se na* $G \rightarrow F$
  - $H = \{C \rightarrow D,\ AB \rightarrow C,\ C \rightarrow A,\ C \rightarrow B,\ D \rightarrow E,\ AB \rightarrow E,\ EF \rightarrow G,\ G \rightarrow F\}$

Primer 2

- $\boldsymbol{H} = \{C \rightarrow D, AB \rightarrow C, C \rightarrow A, C \rightarrow B, D \rightarrow E, AB \rightarrow E, EF \rightarrow G, G \rightarrow F\}$
- eliminacija redundantnih fz
  - $C \rightarrow D : D \notin (C)^{+}_{H \setminus \{C \rightarrow D\}} = CABE$
  - $AB \rightarrow C : C \notin (AB)^{+}_{H \setminus \{AB \rightarrow C\}} = ABE$
  - $C \rightarrow A : A \notin (C)^{+}_{H \setminus \{C \rightarrow A\}} = CBD$
  - $C \rightarrow B : B \notin (C)^{+}_{H \setminus \{C \rightarrow B\}} = CAD$
  - $D \rightarrow E : E \notin (D)^{+}_{H \setminus \{D \rightarrow E\}} = D$
  - $AB \rightarrow E : E \in (AB)^{+}_{H \setminus \{AB \rightarrow E\}} = ABCDE \Rightarrow AB \rightarrow E$ *suvišna (redundantna), pa će biti eliminisana iz skupa H*
  - $EF \rightarrow G : G \notin (EF)^{+}_{H \setminus \{EF \rightarrow G\}} = EF$
  - $G \rightarrow F : F \notin (G)^{+}_{H \setminus \{G \rightarrow F\}} = G$
  - $\boldsymbol{H} = kp(\boldsymbol{F}) = \{C \rightarrow D, AB \rightarrow C, C \rightarrow A, C \rightarrow B, D \rightarrow E, EF \rightarrow G, G \rightarrow F\}$

Primer 2

- $\boldsymbol{H} = kp(\boldsymbol{F}) = \{C \rightarrow D, AB \rightarrow C, C \rightarrow A, C \rightarrow B, D \rightarrow E, EF \rightarrow G, G \rightarrow F\}$
- particije kanoničkog pokrivača
  - $G(C) = \{C \rightarrow D, C \rightarrow A, C \rightarrow B\}$
  - $G(AB) = \{AB \rightarrow C\}$
  - $G(D) = \{D \rightarrow E\}$
  - $G(EF) = \{EF \rightarrow G\}$
  - $G(G) = \{G \rightarrow F\}$

Primer 2

- $\boldsymbol{G} = \{G(C), G(AB), G(D), G(EF), G(G)\}$
- traženje podskupova $G(X_i)$, $G(X_j) \in \boldsymbol{G}$ s ekvivalentnim levim stranama
  - $(C)^+_{\boldsymbol{F}} = CDABE$
  - $(AB)^+_{\boldsymbol{F}} = ABCDE$
  - $(D)^+_{\boldsymbol{F}} = DE$
  - $(EF)^+_{\boldsymbol{F}} = EFG$
  - $(G)^+_{\boldsymbol{F}} = GF$
- $(C)^+_{\boldsymbol{F}} = (AB)^+_{\boldsymbol{F}}$
  - $G(C, AB) = G(C) \cup G(AB) = \{C \rightarrow D, C \rightarrow A, C \rightarrow B, AB \rightarrow C\}$
  - $\boldsymbol{G} = \{G(C, AB), G(D), G(EF), G(G)\}$

Primer 2

- uklanjanje tranzitivnih fz - formiranje skupa fz ekvivalentnih levih strana ***J***
  - $(C)^+_{\boldsymbol{F}} = (AB)^+_{\boldsymbol{F}}$
  - $\boldsymbol{J} = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow AB\} = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A, C \rightarrow B\}$
  - $G(C, AB) \leftarrow G(C, AB) \setminus J$
  - $G(C, AB) = \{C \rightarrow D\}$

Primer 2

– uklanjanje tranzitivnih fz - traženje suvišnih fz iz skupa G_U

- $G_U = \cup_{G_X \in \boldsymbol{G}}(G_X) = \{C \rightarrow D, D \rightarrow E, EF \rightarrow G, G \rightarrow F\}$
- $\boldsymbol{M} = \cup_{G_X \in \boldsymbol{G}}(G_X) \cup \boldsymbol{J} = \{C \rightarrow D, D \rightarrow E, EF \rightarrow G, G \rightarrow F, AB \rightarrow C, C \rightarrow A, C \rightarrow B\}$
- $C \rightarrow D : D \notin (C)^+_{M \backslash \{C \rightarrow D\}} = CAB$
- $D \rightarrow E : E \notin (D)^+_{M \backslash \{D \rightarrow E\}} = D$
- $EF \rightarrow G : G \notin (EF)^+_{M \backslash \{EF \rightarrow G\}} = EF$
- $G \rightarrow F : F \notin (G)^+_{M \backslash \{G \rightarrow F\}} = G$
- *nema suvišnih fz*

Primer 2

- rekonstrukcija particija
  - $G = \{G(C, AB), G(D), G(EF), G(G)\}$
  - $J = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A, C \rightarrow B\}$
  - $G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \leftarrow G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \cup \{X_i \rightarrow X_j \in \mathbf{J} \mid X_i \in \{X_{i_1},..., X_{i_n}\}\}$
  - $G(C, AB) = \{C \rightarrow D, C \rightarrow A, C \rightarrow B, AB \rightarrow C\}$
  - $G(D) = \{D \rightarrow E\}$
  - $G(EF) = \{EF \rightarrow G\}$
  - $G(G) = \{G \rightarrow F\}$
- *formiranje skupa šema relacija*
  - *S= {N1({A, B, C, D}, {C, AB}), N2({D, E}, {D}), N3({E, F, G}, {EF}), N4({G, F}, {G})}*
- *S je u 3NF*

Primer 2

- formiranje ograničenja stranog ključa
  - $N_1[D] \subseteq N_2[D]$
  - $N_3[G] \subseteq N_4[G]$
- spojivost bez gubitaka
  - *ključevi univerzalne šeme relacije su K={ABF, ABG, CF, CG}*
  - *u skupu S ne postoji šema relacije sa ključem univerzalne šeme relacije, pa spojivost bez gubitaka nije očuvana*
  - npr možemo dodati šemu ({C, G}, {CG})
  - *S= {N1({A, B, C, D}, {C, AB}), N2({D, E}, {D}), N3({E, F, G}, {EF}), N4({G, F}, {G}), N5(*{C, G}*, {CG})}*
  - *Dodatna ograničenja stranog ključa nakon dodavanja nove šeme:* $N_5[G] \subseteq N_4[G]$, $N_5[C] \subseteq N_1[C]$

Primer 3

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

$\boldsymbol{F} = \{CD \rightarrow E, E \rightarrow BCD, BC \rightarrow D, CDE \rightarrow A, A \rightarrow B, E \rightarrow G, EH \rightarrow I, C \rightarrow H, F \rightarrow H, E \rightarrow H, A \rightarrow D\}$

Metodom sinteze izgenerisati skup šema relacija u 3NF.

Primer 3

- $\boldsymbol{F} = \{CD \to E,\ E \to BCD,\ BC \to D,\ CDE \to A,\ A \to B,\ E \to G,\ EH \to I,\ C \to H,\ F \to H,\ E \to H,\ A \to D\}$
- dekompozicija
  - $\boldsymbol{H} = \{CD \to E,\ E \to B,\ E \to C,\ E \to D\ ,\ BC \to D,\ CDE \to A,\ A \to B,\ E \to G,\ EH \to I,\ C \to H,\ F \to H,\ E \to H,\ A \to D\}$
- redukcija levih strana
  - $CD \to E : (C)^+_F = CH;\ (D)^+_F = D$
  - $BC \to D : (B)^+_F = B;\ (C)^+_F = CH$
  - $CDE \to A : (C)^+_F = CH;\ (D)^+_F = D;\ (E)^+_F = EBCDAGHI \Rightarrow$ *redukuje se na* $E \to A$
  - $EH \to I : (E)^+_F = EBCDAGHI \Rightarrow$ *redukuje se na* $E \to I$
  - $\boldsymbol{H} = \{CD \to E,\ E \to B,\ E \to C,\ E \to D\ ,\ BC \to D,\ E \to A,\ A \to B,\ E \to G,\ E \to I,\ C \to H,\ F \to H,\ E \to H,\ A \to D\}$

Primer 3

- $\boldsymbol{H} = \{CD \to E,\ E \to B,\ E \to C,\ E \to D\ ,\ BC \to D,\ E \to A,\ A \to B,\ E \to G,\ E \to I,\ C \to H,\ F \to H,\ E \to H,\ A \to D\}$
- eliminacija redundantnih fz
  - $CD \to E : E \notin (CD)^+_{H \backslash \{CD \to E\}} = CDH$
  - $E \to B : B \in (E)^+_{H \backslash \{E \to B\}} = ECDABGIH \Rightarrow E \to B$ *suvišna*
  - $E \to C : C \notin (E)^+_{H \backslash \{E \to C\}} = EDABGIH$
  - $E \to D : D \in (E)^+_{H \backslash \{E \to D\}} = ECABGIHD \Rightarrow E \to D$ *suvišna*
  - $BC \to D : D \notin (BC)^+_{H \backslash \{BC \to D\}} = BCH$
  - $E \to A : A \notin (E)^+_{H \backslash \{E \to A\}} = EGIHC$
  - $A \to B : B \notin (A)^+_{H \backslash \{A \to B\}} = AD$
  - $E \to G : G \notin (E)^+_{H \backslash \{E \to G\}} = ECIHABD$
  - $E \to I : I \notin (E)^+_{H \backslash \{E \to I\}} = ECABGHD$
  - $C \to H : H \notin (C)^+_{H \backslash \{C \to H\}} = C$

Primer 3

- eliminacija redundantnih fz
  - $F \rightarrow H : H \notin (F)^+_{H \setminus \{F \rightarrow H\}} = F$
  - $E \rightarrow H : H \in (E)^+_{H \setminus \{E \rightarrow H\}} = ECH \Rightarrow E \rightarrow H$ *suvišna*
  - $A \rightarrow D : D \notin (A)^+_{H \setminus \{A \rightarrow D\}} = AB$
- $\boldsymbol{H} = kp(\boldsymbol{F}) = \{CD \rightarrow E, E \rightarrow C, BC \rightarrow D, E \rightarrow A, A \rightarrow B, E \rightarrow G, E \rightarrow I, C \rightarrow H, F \rightarrow H, A \rightarrow D\}$
- particije kanoničkog pokrivača
  - $G(CD) = \{CD \rightarrow E\}$
  - $G(E) = \{E \rightarrow C, E \rightarrow A, E \rightarrow G, E \rightarrow I\}$
  - $G(BC) = \{BC \rightarrow D\}$
  - $G(A) = \{A \rightarrow B, A \rightarrow D\}$
  - $G(C) = \{C \rightarrow H\}$
  - $G(F) = \{F \rightarrow H\}$

Primer 3

- $\boldsymbol{G} = \{G(CD), G(E), G(BC), G(A), G(C), G(F)\}$
- traženje podskupova $G(X_i), G(X_j) \in \boldsymbol{G}$ s ekvivalentnim levim stranama
  - $(CD)^+_{\boldsymbol{F}} = CDEAGIBH$
  - $(E)^+_{\boldsymbol{F}} = ECAGIBDH$
  - $(BC)^+_{\boldsymbol{F}} = BCDEAGIH$
  - $(A)^+_{\boldsymbol{F}} = ABD$
  - $(C)^+_{\boldsymbol{F}} = CH$
  - $(F)^+_{\boldsymbol{F}} = FH$
- $(CD)^+_{\boldsymbol{F}} = (E)^+_{\boldsymbol{F}} = (BC)^+_{\boldsymbol{F}}$
  - $G(CD, E, BC) = G(CD) \cup G(E) \cup G(BC) = \{CD \to E, E \to C, E \to A, E \to G, E \to I, BC \to D\}$
  - $\boldsymbol{G} = \{G(CD, E, BC), G(A), G(C), G(F)\}$

Primer 3

– uklanjanje tranzitivnih fz - formiranje skupa fz ekvivalentnih levih strana ***J***

- $(CD)^+_{\boldsymbol{F}} = (E)^+_{\boldsymbol{F}} = (BC)^+_{\boldsymbol{F}}$
- $\boldsymbol{J} = \{CD \rightarrow E,\ E \rightarrow CD,\ CD \rightarrow BC,\ BC \rightarrow CD,\ E \rightarrow BC,\ BC \rightarrow E\} = \{CD \rightarrow E,\ E \rightarrow C,\ E \rightarrow D,\ CD \rightarrow B,\ CD \rightarrow C,\ BC \rightarrow C,\ BC \rightarrow D,\ E \rightarrow B,\ E \rightarrow C,\ BC \rightarrow E\} = \{CD \rightarrow E,\ CD \rightarrow B,\ E \rightarrow C,\ E \rightarrow D,\ E \rightarrow B,\ BC \rightarrow D,\ BC \rightarrow E\}$
- $G(CD, E, BC) = \{E \rightarrow A,\ E \rightarrow G,\ E \rightarrow I\}$

Primer 3

– uklanjanje tranzitivnih fz - traženje suvišnih fz iz skupa G_U

- $G_U = \cup_{G_X \in \boldsymbol{G}}(G_X) = \{E\rightarrow A,\ E\rightarrow G,\ E\rightarrow I,\ A\rightarrow B,\ A\rightarrow D,\ C\rightarrow H,\ F\rightarrow H\}$
- $\boldsymbol{M} = \cup_{G_X \in \boldsymbol{G}}(G_X) \cup \boldsymbol{J} = \{E\rightarrow A,\ E\rightarrow G,\ E\rightarrow I,\ A\rightarrow B,\ A\rightarrow D,\ C\rightarrow H,\ F\rightarrow H,\ CD\rightarrow E,\ CD\rightarrow B,\ E\rightarrow C,\ E\rightarrow D,\ E\rightarrow B,\ BC\rightarrow D,\ BC\rightarrow E\}$
- $E\rightarrow A : A \notin (E)^+_{\boldsymbol{M}\backslash\{E \rightarrow A\}} = EBCDGIH$
- $E\rightarrow G : G \notin (E)^+_{\boldsymbol{M}\backslash\{E \rightarrow G\}} = EAIBCDH$
- $E\rightarrow I : I \notin (E)^+_{\boldsymbol{M}\backslash\{E \rightarrow I\}} = EAGBDCH$
- $A\rightarrow B : B \notin (A)^+_{\boldsymbol{M}\backslash\{A \rightarrow B\}} = AD$
- $A\rightarrow D : D \notin (A)^+_{\boldsymbol{M}\backslash\{A \rightarrow D\}} = AB$
- $C\rightarrow H : H \notin (C)^+_{\boldsymbol{M}\backslash\{C \rightarrow H\}} = C$
- $F\rightarrow H : H \notin (F)^+_{\boldsymbol{M}\backslash\{F \rightarrow H\}} = F$

Primer 3

- rekonstrukcija particija
  - $G = \{G(CD, E, BC), G(A), G(C), G(F)\}$
  - $J = \{CD \rightarrow E, CD \rightarrow B, E \rightarrow C, E \rightarrow D, E \rightarrow B, BC \rightarrow D, BC \rightarrow E\}$
  - $G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \leftarrow G(X_{i_1},..., X_{i_n}) \cup \{X_i \rightarrow X_j \in \mathbf{J} \mid X_i \in \{X_{i_1},..., X_{i_n}\}\}$
  - $G(CD, E, BC) = \{E \rightarrow A, E \rightarrow G, E \rightarrow I, CD \rightarrow E, CD \rightarrow B, E \rightarrow C, E \rightarrow D, E \rightarrow B, BC \rightarrow D, BC \rightarrow E\}$
  - $G(A) = \{A \rightarrow B, A \rightarrow D\}$
  - $G(C) = \{C \rightarrow H\}$
  - $G(F) = \{F \rightarrow H\}$
- *formiranje skupa šema relacija*
  - *S= {N1({A, B, C, D, E, G, I}, {CD, E, BC}), N2({A, B, D}, {A}), N3({C, H}, {C}), N4({F, H}, {F})}*

Primer 3

- ***S**= {N1({A, B, C, D, E, G, I}, {CD, E, BC}), N2({A, B, D}, {A}), N3({C, H}, {C}), N4({F, H}, {F})}*
- *S je u 3NF*
- *Napomena: S nije u BCNF, jer u okviru početne univerzalne šeme važe fz $A \rightarrow B$ i $A \rightarrow D$. Ove fz su putem ključa ugrađene u šemu N2, ali važe i nad šemom N1, pa samim tim šema N1 ne zadovoljava BCNF.*

Primer 3

- formiranje ograničenja stranog ključa
  - $N_1[A] \subseteq N_2[A]$
  - $N_1[C] \subseteq N_3[C]$
- spojivost bez gubitaka
  - *ključevi univerzalne šeme relacije su K={ACF, DCF, EF, BCF}*
  - *u skupu S ne postoji šema relacije sa ključem univerzalne šeme relacije, pa spojivost bez gubitaka nije očuvana*
  - npr možemo dodati šemu ({E, F}, {EF})
  - *S= {N1({A, B, C, D, E, G, I}, {CD, E, BC}), N2({A, B, D}, {A}), N3({C, H}, {C}), N4({F, H}, {F}), N5({*E, F*}, {EF})}*
  - *Nema dodatnih ograničenja stranog ključa*

Primer 4

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

$\boldsymbol{F} = \{ABC \rightarrow DE, DE \rightarrow BF, A \rightarrow F, F \rightarrow A, F \rightarrow I, I \rightarrow G, FG \rightarrow C, DI \rightarrow H\}$

Metodom sinteze izgenerisati skup šema relacija u 3NF.

Primer 4

- $\boldsymbol{F} = \{ABC \rightarrow \mathrm{D}E, \mathrm{D}E \rightarrow BF, A \rightarrow F, F \rightarrow A, F \rightarrow I, I \rightarrow G, FG \rightarrow C, DI \rightarrow H\}$
- pokazati da se dobije $\boldsymbol{H} = kp(\boldsymbol{F}) = \{AB \rightarrow \mathrm{D}, AB \rightarrow \mathrm{E}, \mathrm{D}E \rightarrow B, \mathrm{D}E \rightarrow F, A \rightarrow F, F \rightarrow A, F \rightarrow I, I \rightarrow G, F \rightarrow C, DI \rightarrow H\}$
- particije kanoničkog pokrivača
  - $G(AB) = \{AB \rightarrow \mathrm{D}, AB \rightarrow \mathrm{E}\}$
  - $G(\mathrm{D}E) = \{\mathrm{D}E \rightarrow B, \mathrm{D}E \rightarrow F\}$
  - $G(A) = \{A \rightarrow F\}$
  - $G(F) = \{F \rightarrow A, F \rightarrow I, F \rightarrow C\}$
  - $G(I) = \{I \rightarrow G\}$
  - $G(DI) = \{DI \rightarrow H\}$

Primer 4

- $\boldsymbol{G} = \{G(AB), G(\mathrm{D}E), G(A), G(F), G(I), G(DI)\}$
- traženje podskupova $G(X_i), G(X_j) \in \boldsymbol{G}$ s ekvivalentnim levim stranama
  - $(AB)^+_{\boldsymbol{F}} = ABDEFICGH$
  - $(DE)^+_{\boldsymbol{F}} = DEBFAICGH$
  - $(A)^+_{\boldsymbol{F}} = AFICG$
  - $(F)^+_{\boldsymbol{F}} = FAICG$
  - $(I)^+_{\boldsymbol{F}} = IG$
  - $(DI)^+_{\boldsymbol{F}} = DIHG$
- $(AB)^+_{\boldsymbol{F}} = (\mathrm{D}E)^+_{\boldsymbol{F}}$;$(A)^+_{\boldsymbol{F}} = (\mathrm{F})^+_{\boldsymbol{F}}$
  - $G(AB, DE) = G(AB) \cup G(DE) = \{AB \rightarrow \mathrm{D}, AB \rightarrow \mathrm{E}, \mathrm{D}E \rightarrow B, \mathrm{D}E \rightarrow F\}$
  - $G(A, F) = G(A) \cup G(F) = \{A \rightarrow F, F \rightarrow A, F \rightarrow I, F \rightarrow C\}$
  - $\boldsymbol{G} = \{G(AB, DE), G(A, F), G(I), G(DI)\}$

Primer 4

– uklanjanje tranzitivnih fz - formiranje skupa fz ekvivalentnih levih strana ***J***

- $(AB)^+_{\boldsymbol{F}} = (\mathrm{D}E)^+_{\boldsymbol{F}}$; $(A)^+_{\boldsymbol{F}} = (\mathrm{F})^+_{\boldsymbol{F}}$
- $\boldsymbol{J} = \{AB \rightarrow \mathrm{D}E,\ DE \rightarrow AB,\ A \rightarrow F,\ F \rightarrow A\} = \{AB \rightarrow D,\ AB \rightarrow E,\ DE \rightarrow A,\ DE \rightarrow B,\ A \rightarrow F,\ F \rightarrow A\}$
- $G(AB, DE) = \{\mathrm{D}E \rightarrow F\}$
- $G(A, F) = \{F \rightarrow I,\ F \rightarrow C\}$

Primer 4

- ... *Pokazati da se na kraju postupka sinteze dobije rešenje* ***S****= {N1({A, B, D, E}, {AB, DE}), N2({A, F, I, C}, {A, F}), N3({I, G}, {I}), N4({D, I, H}, {DI})}*
- *Ukoliko zavisnost spoja nije zadovoljena, doraditi rešenje tako da zavisnost spoja bude zadovoljena.*
- *Definisati ograničenja stranog ključa.*

Primer 5

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

$\boldsymbol{F} = \{AB \rightarrow E, E \rightarrow A, E \rightarrow B, E \rightarrow C, BC \rightarrow A, ABE \rightarrow D, E \rightarrow G, EH \rightarrow I, B \rightarrow H, F \rightarrow H, H \rightarrow J, ABC \rightarrow J\}$

Metodom sinteze izgenerisati skup šema relacija u 3NF.

Primer 5

- *Pokazati da se sintezom dobije rešenje **S**= {N1({A, B, C, D, E, G}, {E, AB, BC}), N2({B, H}, {B}), N3({F, H}, {F}), N4({H, J}, {H})}*
- *Ukoliko zavisnost spoja nije zadovoljena, doraditi rešenje tako da zavisnost spoja bude zadovoljena.*
- *Definisati ograničenja stranog ključa.*