## Algoritam NORMALIZACIJE metodom sinteze - Primer algoritma zasnovan na heurističkim pravilima

Formulacija zadatka:

Dat je univerzalni skup obeležja U={A,B,C,D,E,F,G,H} i skup funkcionalnih zavisnosti
F={ B→A,D,E,
BC→A,G,
D→E,G,
BF→H,
G→C,F,
AF→E,G,B,C,
AB→F,G,H }

Na osnovu datih ulaznih skupova U i F projektovati šemu relacione baze podataka u 3NF metodom sinteze.

Rešenje zadataka:

Analiza ulaznih parametara algoritma normalizacije skupa U i skupa F:

1. Skup U ima 8 obeležja. U skupu F se koristi kompletan skup od 8 obeležja skupa U. (Skup šema relacija S, kao rezultujući skup algoritma, sadrži kompletnu informaciju o skupu obeležja U (konzervira skup obeležja)).

2. Skup F ima sedam grupa funkcionalnih zavisnosti.

F =
{
I grupa fz B→A,D,E,
II grupa fz BC→A,G,
III grupa fz D→E,G,
IV grupa fz BF→H,
V grupa fz G→C,F,
VI grupa fz AF→E,G,B,C,

VII grupa fz   AB→F,G,H
}

U skupu F, u sedam grupa funkcionalnih zavisnosti, ima ukupno 17 funkcionalnih zavisnosti (fz). Iz skupu F se koristi kompletan skup od 17 funkcionalnih zavisnosti skupa F.  (Skup šema relacija S, kao rezultujući skup algoritma,  sadrži kompletnu informaciju o skupu funkcionalnih zavisnosti F (konzervira skup funkcionalnih zavisnosti))

**1. Redukcija levih strana funkcionalnih zavisnosti**
*Realizuje se transformaciju polaznog skupa F u skup E – primenom algoritma redukcije ili primenom heurističkih pravila koja su implicirana iz algoritma redukcije i osnovnih definicija vezanih za algoritam redukcije.*

*Heuristička pravila i osnovne definicije vezane za algoritam redukcije, a koja su implicirana iz algoritma redukcije u ovom koraku algoritma sinteze se zasnivaju na:*

1. *Analizi skupa F, u kome se razmatraju samo one grupe funkcionalnih zavisnosti za koje važi osobina da imaju* ||**ls(f)**|| >**1**.
2. *Iscrpnoj primeni pravila izvođenja iz* π (Amstrongovih aksioma) *na skup funkcionalnih zavisnosti F*

U skladu sa heurističkim pravilom 1. u kome se *razmatraju samo one grupe funkcionalnih zavisnosti za koje važi osobina da imaju* ||**ls(f)**|| >**1, u konkretnom skupu F se razmatraju sledeće grupe fz:**

II grupa fz     BC→A,G,
IV grupa fz    BF→H,
VI grupa fz    AF→E,G,B,C,
VII grupa fz   AB→F,G,H

1.1. Razmatranje ***II grupa funkcionalnih zavisnosti BC→A,G*** se realizuje kroz primenu drugog heurističkog pravila, koje u konkretnom slučaju glasi:
1.1.1. Da li se *Iscrpnom primenom pravila izvođenja iz* π (Amstrogovih aksioma)*na skup f-lnih zavisnosti F* može dokazati da B→C ?

Ako se može dokazati da $B \rightarrow C$, to znači da je ***obeležje C suvišno u II grupi fz $BC \rightarrow A,G$, koja sadrži dve fz: $BC \rightarrow A$, i $BC \rightarrow G$***. Postojanje suvišnog obeležja u II grupi fz $BC \rightarrow A,G$ znači da je II grupa fz $BC \rightarrow A,G$ NEPOTPUNA (nije redukovana ili neredukovana) u skladu sa poznatim skupom definicija:

- ✓ Definicija 1. Def: 1.1. Fz $X \rightarrow A$ se naziva NEPOTPUNOM, ako $\exists\ Y \subset X$ tako da važi $Y \rightarrow A \in F^+$

- ✓ Def 1.2. Ako $\forall Y \subset X$ važi: $Y \rightarrow A \notin F^+$, Fz $X \rightarrow A$ je POTPUNA.

- ✓ *Def 2: Funkcionalna zavisnost $X \rightarrow A \in F^+$ je redukovana ili ima redukovanu levu stranu s obzirom na F, ako važi:*

$$(\forall Y \subset X)(Y \rightarrow A \notin F^+).$$

- ✓ *Def 3. : Skup funkcionalnih zavisnosti je redukovan ili ima redukovane leve strane, ako je svaka f: $X \rightarrow A$ iz F redukovana funkcionalna zavisnost.*

- ✓ **Definicija 4:**
  Ako fz $X \rightarrow Y$ ***ima redukovanu levu stranu*** kaže se da Y ***potpuno zavisi*** od X.

- ✓ **Definicija 5:**
  Šema relacije (R,F) je u drugoj normalnoj formi (2NF) s obzirom na F ako je u 1NF i ako je svako neprimarno obeležje ***potpuno zavisno od svakog ključa R***.

Cilj prvog koraka algoritma normalizacije metodom sinteze je da se iz svih grupa funkcionalnih zavisnosti u F, a samim tim i iz svih funkcionalne zavisnosti u F ***uklone suvišna obeležja***. To znači da se u prvom koraku žele dobiti isključivo ***potpune funkcionalne zavisnosti*** odnosno funkcionalne zavisnosti koje imaju ***redukovanu levu stranu funkcionalne zavisnosti što je u skladu sa definicijom*** druge normalne forme(2NF).

Da li se može dokazati da $B \rightarrow C$ u drugoj grupi funkcionalnih zavisnosti u skladu sa ograničenjima datim u konkretnom skupu F?

Odgovor je da može, jer se može *primeniti pravilo izvođenja iz* π na sledeći način:

Želimo dokazati da B→C:

| B→D ∧ | D→G ∧ | G→C | ⇒ | B→C |
|---|---|---|---|---|
| dato u I grupi fz | dato u III grupi fz | dato u V grupi fz | na osnovu pravila $\pi_3$ Aksioma tranzitivnosti | |

Zaključak: Obeležje C je suvišno u drugoj grupi funkcionalnih zavisnosti BC→A,G , na osnovu čega sledi da nakon uklanjanja suvišnog obeležja C se dobijaju dve potpune ili redukovane funkcionalne zavisnosti u skladu sa gore navedenim definicijama ⇒ B→A,G.

Dakle, pošto je obeležje C suvišno u drugoj grupi funkcionalnih zavisnosti B~~C(/)~~→ A,G ⇒ B→A,G i sada skup F ima sledeću strukturu:

F =
{
- I grupa fz B→A,D,E,
- II grupa fz B~~C~~→A,G,
- III grupa fz D→E,G,
- IV grupa fz BF→H,
- V grupa fz G→C,F,
- VI grupa fz AF→E,G,B,C,
- VII grupa fz AB→F,G,H

}

1.1.2. Da li se *Iscrpnom primenom pravila izvođenja iz* π (Amstrogovih aksioma)*na skup f-lnih zavisnosti F* može dokazati da B→F ?

Ako se može dokazati da B→F, to znači da je ***obeležje F suvišno u IV grupi fz BF→H, koja sadrži samo jednu fz: BF→A***. Postojanje suvišnog obeležja u IV grupi fz BF→H znači da je IV grupa fz BC→H NEPOTPUNA (nije redukovana ili neredukovana) u skladu sa poznatim skupom definicija.

Da li se može dokazati da B→F u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti u skladu sa ograničenjima datim u konkretnom skupu F?

Odgovor je da može, jer se može *primeniti pravilo izvođenja iz* π na sledeći način:

Želimo dokazati da B→F:

| B→D ∧ | D→G ∧ | G→F | ⇒ | B→F |
|---|---|---|---|---|
| dato u I grupi fz | dato u III grupi fz | dato u V grupi fz | na osnovu pravila $\pi_3$ Aksioma tranzitivnosti | |

Zaključak: Obeležje F je suvišno u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti ***BF→H***, na osnovu čega sledi da nakon uklanjanja suvišnog obeležja F se dobija potpuna ili redukovane funkcionalne zavisnosti u skladu sa gore navedenim definicijama ⇒ B→F.

Dakle, pošto je obeležje F je suvišno u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti B~~F~~→H ⇒ B→H i sada skup F ima sledeću strukturu:

F =
{

| | |
|---|---|
| I grupa fz | B→A,D,E, |
| II grupa fz | B~~C~~→A,G, |
| III grupa fz | D→E,G, |
| IV grupa fz | B~~F~~→H, |
| V grupa fz | G→C,F, |
| VI grupa fz | AF→E,G,B,C, |
| VII grupa fz | AB→F,G,H |

}

1.1.3. Da li se *Iscrpnom primenom pravila izvođenja iz* π (Amstrogovih aksioma) *na skup f-lnih zavisnosti F* može dokazati da B→A?

Ako se može dokazati da B→A, to znači da je ***obeležje A suvišno u VII grupi fz AB→F,G,H koja sadrži tri fz: AB→F, AB→G, i AB→H***. Postojanje suvišnog obeležja u II grupi fz BC→A,G znači da je VII grupa fz ***AB→F,G,H*** NEPOTPUNA (nije redukovana ili neredukovana) u skladu sa poznatim skupom definicija.

Odgovor je da može, jer se može *primeniti pravilo izvođenja iz* π ili se može primeniti pravilo tačno određene funkcionalne zavisnosti u skupu F, na sledeći način:

Želimo dokazati da B→A, ali pošto postoji tačno određena funkcionalna zavisnost B→A u skupu F, dalje dokazivanje nije potrebno:

B→A
dato u
I grupi fz

Zaključak: Obeležje A je suvišno u sedmoj grupi funkcionalnih zavisnosti ***AB→F,G,H*** na osnovu čega sledi da nakon uklanjanja suvišnog obeležja A se dobijaju tri potpune ili redukovane funkcionalne zavisnosti u skladu sa gore navedenim definicijama ⇒ ***B→F,G,H***.

Dakle, pošto je obeležje A je suvišno sedmoj grupi funkcionalnih zavisnosti ~~A~~B→F,G,H ⇒ B→F,G,H i sada skup F ima sledeću strukturu:

F =
{
I grupa fz B→A,D,E,
II grupa fz B~~C~~→A,G,
III grupa fz D→E,G,
IV grupa fz B~~F~~→H,
V grupa fz G→C,F,
VI grupa fz AF→E,G,B,C,
VII grupa fz ~~A~~ B→F,G,H
}

1.1.1.4. Da li se *Iscrpnom primenom pravila izvođenja iz* π (Amstrogovih aksioma) *na skup f-lnih zavisnosti F* može dokazati da F→A ili da A→F?

Ako se može dokazati da F→A ili da A→F, to znači da je ***obeležje A ili obeležje suvišno u VI grupi fz AF→E,G,B,C.*** Postojanje suvišnog obeležja u VI grupi fz ***fz AF→E,G,B,C*** znači da je VI grupa fz ***fz AF→E,G,B,C*** NEPOTPUNA (nije redukovana ili neredukovana) u skladu sa poznatim skupom definicija.

Odgovor je ***ne***, jer se ***ne može*** *primeniti pravilo izvođenja iz* π ili pravilo tačno određene funkcionalne zavisnosti u skupu F.

*Rezultat prvog koraka algoritma normalizacije metodom sinteze, (***Redukcija levih strana funkcionalnih zavisnosti) je sledeći:**

*Iscrpnom primenom pravila izvođenja iz* π (Amstrogovih aksioma) *na skup funkcionalnih zavisnosti F* ili primenom pravilo tačno određene funkcionalne zavisnosti u skupu F, ***polazni skupa F se transformiše u rezultujući skup E****.*
Nakon primene prvog koraka *algoritma normalizacije metodom sinteze, (***Redukcija levih strana funkcionalnih zavisnosti)** skup F ima sledeću strukturu:

F =
{
I grupa fz B→A,D,E,
II grupa fz B~~C~~→A,G,
III grupa fz D→E,G,
IV grupa fz B~~F~~→H,
V grupa fz G→C,F,
VI grupa fz AF→E,G,B,C,
VII grupa fz ~~A~~B→F,G,H
}

Rezultujući skup E ima sledeću strukturu:

E= {
B→A,D,E,G,H,F (nastalo iz I grupe fz, II grupe fz, IV i VII grupe fz skupa F)
D→E,G, (prethodna III grupa fz preuzeta iz skupa F)
G→C,F, (prethodna V grupa fz preuzeta iz skupa F)
AF→E,G,B,C (prethodna VII grupa fz preuzeta iz skupa F)
}
sa sledećim grupama funkcionalnih zavisnosti:
E= {
I grupa fz B→A,D,E,G,H,F
II grupa fz D→E,G,
III grupa fz G→C,F,
IV grupa fz AF→E,G,B,C
}

2. **Eliminacija tranzitivnih i trivijalnih zavisnosti -** *Realizuje se neredundatno pokrivanje H za skup fz E primenom algoritma nerudundatnog pokrivanja ili primenom heurističkih pravila koja su implicirana iz algoritma nerudundatnog pokrivanja i osnovnih definicija vezanih za algoritam nerudundatnog pokrivanja*

*Heurističko pravila i osnovne definicija vezane za algoritam nerudundatnog pokrivanja, a koja su implicirana iz algoritma nerudundatnog pokrivanja u ovom koraku algoritma sinteze se zasnivaju na:*

***1.*** *Iscrpnom primenom pravila izvođenja iz* π (Amstrogovih aksioma) *na skup funkcionalnih zavisnosti E*

2.1. Razmatranje ***I grupa funkcionalnih zavisnosti B→A,D,E,G,H,F*** se realizuje kroz primenu heurističkog pravila, koje u konkretnom slučaju glasi:

2.1.1. Da li se *Iscrpnom primenom pravila izvođenja iz* π (Amstrogovih aksioma)*na skup f-lnih zavisnosti E* može dokazati da B→E ?

Ako se može dokazati da B→E, to znači da je ***obeležje E tranzitivno u I grupi fz B→A,D,E,G,H,F koja sadrži šest funkcionalnih zavisnosti.*** Postojanje ***tranzitivnog*** obeležja u I grupi fz ***B→A,D,E,G,H,F*** znači da je I grupa fz ***B→A,D,E,G,H,F*** ima tranzitivnu zavisnost u skladu sa poznatim skupom definicija i Amstrogovih aksioma:

**Definicija 1:**

***Obeležje A*** $\in$***R je tranzitivno zavisno od X*** $\subset$ R s obzirom na F ako postoji Y$\subset$R takvo da X→Y , Y→A i X→A pri čemu A$\notin$XY.

Armstrongov aksiom $\pi_3$:

***Pseudotranzitivnost:*** Ako X→Y i YW→Z, tada važi XW→Z

- Kada je reč o pravilu $\pi_3$, za W=0, ono prelazi u ***tranzitivnost****, što znači da* ako X→Y i Y→Z, tada važi X→Z

**Definicija 2:**

***Obeležje A $\in$R je tranzitivno zavisno od X***$\subset$R s obzirom na F ako postoji Y$\subset$R takvo ***da X$\rightarrow$Y , Y$\rightarrow$A i X$\rightarrow$A pri čemu A$\notin$XY.***

**Definicija 3:**
Šema ralacije R je u trećoj normalnoj formi(3NF) s obzirom na skup fz F ako je ona u 2NF i ***ni jedno neprimarno obeležje iz R nije tranzitivno zavisno od ključa R.***

**Definicija 4:**
***Pokrivanje (pokrivač)*** *skupa funkcionalnih zavisnosti F je svaki skup f-lnih zavisnosti G, koji ima isto zatvaranje kao F.*

**Definicija 5:**
*Skup G je* **neredundatno pokrivanje** *skupa zavisnosti F, ako ne sadrži pravi podskup koji takođe predstavlja pokrivanje skupa.*

**Definicija 6:**
*Jedan skup f-lnih zavisnosti može imati više neredundantnih pokrivanja.*

**Definicija 7:**
*Skup G predstavlja* **kanoničko pokrivanje** *skupa f-lnih zavisnosti F, ako su zadovoljeni sledeći uslovi:*
*1. $G^+=F^+$*
*2. G sadrži samo redukovane funkcionalne zavisnosti*
*3. G je neredundantan skup*
*4. desna strana svake funkcionalne zavisnosti u G sadrži samo 1 obeležje*

Cilj drugog koraka algoritma normalizacije metodom sinteze je da se iz svih grupa funkcionalnih zavisnosti u skupu E, a samim tim i iz svih funkcionalne zavisnosti u E ***uklone tranzitivne i trivijalne funkcionalne zavisnosti***. To znači da se na kraju drugog koraku žele dobiti isključivo ***ne tranzitivne i ne trivijalne funkcionalne zavisnosti*** odnosno funkcionalne zavisnosti ***koje nemaju tranzitivna obeležja***, ***što je u skladu sa definicijom*** treće normalne forme (3NF).Postojanje samo ***ne tranzitivne i ne trivijalne funkcionalne zavisnosti je osnov za kreiranje nerudundatnog pokrivanja H za skup E.***

2.1.1.1. Da li se može dokazati da B→E tranzitivna fz u prvoj grupi funkcionalnih zavisnosti u skladu sa ograničenjima datim u konkretnom skupu E?

Odgovor je da može, jer se može *primeniti pravilo izvođenja iz* $\pi_3$ (pravilo tranzitivnosti iz skupa Amstrongovih aksioma)na sledeći način:

Želimo dokazati da je fz B→E tranzitivna fz u E:

E= {
- I grupa fz B→A,D,E,G,H,F
- II grupa fz D→E,G,
- III grupa fz G→C,F,
- IV grupa fz AF→E,G,B,C

}

| | | | |
|---|---|---|---|
| B→D $\wedge$ D→E | | $\Rightarrow$ | B→E |
| dato u I grupi fz | dato u II grupi fz | na osnovu pravila $\pi_3$ Aksioma tranzitivnosti | |

Zaključak: Funkcionalna zavisnost B→E je tranzitivna i suvišna u prvoj grupi funkcionalnih zavisnosti B→A,D,E,G,H,F na osnovu čega sledi da nakon uklanjanja suvišne tranzitivne funkcionalne zavisnosti se dobija prva grupi funkcionalnih zavisnosti B→A,D,E,G,H,F u skladu sa gore navedenim definicijama $\Rightarrow$ B→A,D,~~E~~,G,H,F

Dakle, pošto je funkcionalna zavisnost B→E je tranzitivna i suvišna u prvoj grupi funkcionalnih zavisnosti B→A,D,~~E~~,G,H,F skup E ima sledeću strukturu:

E= {
- I grupa fz B→A,D,~~E~~,G,H,F
- II grupa fz D→E,G,
- III grupa fz G→C,F,
- IV grupa fz AF→E,G,B,C

}

2.1.1.2. Da li se može dokazati da B→G tranzitivna fz u prvoj grupi funkcionalnih zavisnosti u skladu sa ograničenjima datim u konkretnom skupu E?

Odgovor je da može, jer se može *primeniti pravilo izvođenja iz* $\pi_3$ (pravilo tranzitivnosti iz skupa Amstrongovih aksioma)na sledeći način:

Želimo dokazati da je fz B→G tranzitivna fz u E:

E= {
- I grupa fz B→A,D,E,G,H,F
- II grupa fz D→E,G,
- III grupa fz G→C,F,
- IV grupa fz AF→E,G,B,C

}

| B→D | ∧ D→G | ⇒ | B→G |
|---|---|---|---|
| dato u I grupi fz | dato u II grupi fz | na osnovu pravila $\pi_3$ Aksioma tranzitivnosti | |

Zaključak: Funkcionalna zavisnost B→G je tranzitivna i suvišna u prvoj grupi funkcionalnih zavisnosti B→A,D,E,G,H,F na osnovu čega sledi da nakon uklanjanja suvišne tranzitivne funkcionalne zavisnosti se dobija prva grupi funkcionalnih zavisnosti B→A,D,E,G,H,F u skladu sa gore navedenim definicijama ⇒ B→A,D,E,~~G~~,H,F

Dakle, pošto je funkcionalna zavisnost B→E je tranzitivna i suvišna u prvoj grupi funkcionalnih zavisnosti B→A,D,E,~~G~~,H,F skup E, nakon koraka 2.1.1.2 ima sledeću strukturu:

E= {
- I grupa fz B→A,D,~~E~~,~~G~~,H,F
- II grupa fz D→E,G,
- III grupa fz G→C,F,
- IV grupa fz AF→E,G,B,C

}

2.1.1.3. Da li se može dokazati da B→F tranzitivna fz u prvoj grupi funkcionalnih zavisnosti u skladu sa ograničenjima datim u konkretnom skupu E?

Odgovor je da može, jer se može *primeniti pravilo izvođenja iz* $\pi_3$ (pravilo tranzitivnosti iz skupa Amstrongovih aksioma)na sledeći način:

Želimo dokazati da je fz B→F tranzitivna fz u E:

E= {
I grupa fz B→A,D,E,G,H,F
II grupa fz D→E,G,
III grupa fz G→C,F,
IV grupa fz AF→E,G,B,C
}

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| B→D ∧ | D→G ∧ | G→F | ⇒ | B→F |
| dato u I grupi fz | dato u II grupi fz | dato u III grupi fz | na osnovu pravila $\pi_3$ Aksioma tranzitivnosti | |

Zaključak: Funkcionalna zavisnost B→F je tranzitivna i suvišna u prvoj grupi funkcionalnih zavisnosti B→A,D,E,G,H,F na osnovu čega sledi da nakon uklanjanja suvišne tranzitivne funkcionalne zavisnosti se dobija prva grupi funkcionalnih zavisnosti B→A,D,E,G,H,F u skladu sa gore navedenim definicijama ⇒ B→A,D,E,G,H,~~F~~

Dakle, pošto je funkcionalna zavisnost B→E je tranzitivna i suvišna u prvoj grupi funkcionalnih zavisnosti B→A,D,E,G,H,~~F~~ skup E, nakon koraka 2.1.1.3. ima sledeću strukturu:

E= {
I grupa fz B→A,D,~~E~~,~~G~~,H,~~F~~
II grupa fz D→E,G,
III grupa fz G→C,F,
IV grupa fz AF→E,G,B,C
}

2.1.1.4. Da li se može dokazati da AF→E tranzitivna fz u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti u skladu sa ograničenjima datim u konkretnom skupu E?

Odgovor je da može, jer se može *primeniti pravilo izvođenja iz* $\pi_3$ (pravilo tranzitivnosti iz skupa Amstrongovih aksioma)na sledeći način:

Želimo dokazati da je fz AF→E tranzitivna fz u E:

E= {
I grupa fz B→A,D,E,G,H,F
II grupa fz D→E,G,
III grupa fz G→C,F,
IV grupa fz AF→E,G,B,C
}

| AF→B ∧ | B→D ∧ | D→E | ⇒ | AF→E |
|---|---|---|---|---|
| dato u IV grupi fz | dato u I grupi fz | dato u II grupi fz | na osnovu pravila $\pi_3$ Aksioma tranzitivnosti | |

Zaključak: Funkcionalna zavisnost AF→E je tranzitivna i suvišna u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti AF→E,G,B,C na osnovu čega sledi da nakon uklanjanja suvišne tranzitivne funkcionalne zavisnosti se dobija četvrta grupi funkcionalnih zavisnosti AF→E,G,B,C u skladu sa gore navedenim definicijama ⇒ AF→~~E~~,G,B,C

Dakle, pošto je funkcionalna zavisnost AF→E je tranzitivna i suvišna u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti AF→~~E~~,G,B,C skup E, nakon koraka 2.1.1.4 ima sledeću strukturu:

E= {
I grupa fz B→A,D,~~E~~,~~G~~,H,~~F~~
II grupa fz D→E,G,
III grupa fz G→C,F,
IV grupa fz AF→~~E~~,G,B,C
}

2.1.1.5. Da li se može dokazati da AF→G tranzitivna fz u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti u skladu sa ograničenjima datim u konkretnom skupu E?

Odgovor je da može, jer se može *primeniti pravilo izvođenja iz* π3 (pravilo tranzitivnosti iz skupa Amstrongovih aksioma)na sledeći način:

Želimo dokazati da je fz AF→G tranzitivna fz u E:

E= {
I grupa fz B→A,D,E,G,H,F
II grupa fz D→E,G,
III grupa fz G→C,F,
IV grupa fz AF→E,G,B,C
}

| AF→B ∧ | B→D ∧ | D→G | ⇒ | AF→G |
|---|---|---|---|---|
| dato u IV grupi fz | dato u I grupi fz | dato u II grupi fz | na osnovu pravila π3 Aksioma tranzitivnosti | |

Zaključak: Funkcionalna zavisnost AF→G je tranzitivna i suvišna u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti AF→E,G,B,C na osnovu čega sledi da nakon uklanjanja suvišne tranzitivne funkcionalne zavisnosti se dobija četvrta grupi funkcionalnih zavisnosti AF→E,G,B,C u skladu sa gore navedenim definicijama ⇒ AF→E,~~G~~,B,C

Dakle, pošto je funkcionalna zavisnost AF→G je tranzitivna i suvišna u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti AF→E,~~G~~,B,C skup E, nakon koraka 2.1.1.5 ima sledeću strukturu:
E= {
I grupa fz B→A,D,~~E~~,~~G~~,H,~~F~~
II grupa fz D→E,G,
III grupa fz G→C,F,
IV grupa fz AF→~~E~~,~~G~~,B,C
}

2.1.1.6. Da li se može dokazati da AF→C tranzitivna fz u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti u skladu sa ograničenjima datim u konkretnom skupu E?

Odgovor je da može, jer se može *primeniti pravilo izvođenja iz* $\pi_3$ (pravilo tranzitivnosti iz skupa Amstrongovih aksioma)na sledeći način:

Želimo dokazati da je fz AF→C tranzitivna fz u E:

E= {

I grupa fz B→A,D,E,G,H,F
II grupa fz D→E,G,
III grupa fz G→C,F,
IV grupa fz AF→E,G,B,C

}

| AF→B ∧ | B→D ∧ | D→G ∧ | G→C | ⇒ | AF→C |
|---|---|---|---|---|---|
| dato u IV grupi fz | dato u I grupi fz | dato u II grupi fz | dato u III grupi fz | na osnovu pravila $\pi_3$ Aksioma tranzitivnosti | |

Zaključak: Funkcionalna zavisnost AF→C je tranzitivna i suvišna u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti AF→E,G,B,C na osnovu čega sledi da nakon uklanjanja suvišne tranzitivne funkcionalne zavisnosti se dobija četvrta grupi funkcionalnih zavisnosti AF→E,G,B,C u skladu sa gore navedenim definicijama ⇒ AF→E,G,B,~~C~~

Dakle, pošto je funkcionalna zavisnost AF→C je tranzitivna i suvišna u četvrtoj grupi funkcionalnih zavisnosti AF→E,G,B,~~C~~ skup E, nakon koraka 2.1.1.6 ima sledeću strukturu:

E= {

I grupa fz B→A,D,~~E~~,~~G~~,H,~~F~~
II grupa fz D→E,G,
III grupa fz G→C,F,
IV grupa fz AF→~~E~~,~~G~~,B,~~C~~

}

*Rezultat drugog koraka algoritma normalizacije metodom sinteze, (***Eliminacija tranzitivnih i trivijalnih zavisnosti) je sledeći:**

*Iscrpnom primenom pravila izvođenja iz* $\pi_3$ (Amstrogovih aksioma tranzitivnosti) *na skup funkcionalnih zavisnosti E*, ***polazni skupa E se transformiše u rezultujući skup H koji predstavlja jedno od mogućih neredundantnih pokrivanja za skup E****.* Nakon primene drugog koraka *algoritma normalizacije metodom sinteze, (***Eliminacija tranzitivnih i trivijalnih zavisnosti)** skup E ima sledeću strukturu:

E= {
- I grupa fz B⟶A,D,~~E~~,~~G~~,H,~~F~~
- II grupa fz D⟶E,G,
- III grupa fz G⟶C,F,
- IV grupa fz AF⟶~~E~~,~~G~~,B,~~C~~

}

Rezultujući skup H ima sledeću strukturu:

H= {
- B⟶A,D,H, (nastalo iz I grupe fz skupa E)
- D⟶E,G, (nastalo iz II grupe fz skupa E)
- G⟶C,F, (nastalo iz III grupe fz skupa E)
- AF⟶B (nastalo iz IV grupe fz skupa E)

}

sa sledećim grupama funkcionalnih zavisnosti:

H = {
- I grupa fz B⟶A,D,H,
- II grupa fz D⟶E,G,
- III grupa fz G⟶C,F,
- IV grupa fz AF⟶B

}

3. **Particionisanje nerudundatnog pokrivanja H na skupove funkcionalnih zavisnosti –** u trećem koraku algoritma normalizacije metodom sinteze **deli se**

**skup H na disjunktivne podskupove funkcionalnih zavisnosti sa istim levim stranama, odnosno realizuje se sledeći postupak:**

3.1. **Particionisanje skupa H na disjunktne podskupove**
3.2. **Za Gi (Xi) sa istim ls(f) potrebno je naći skupove G1 (X1), G2 (X2), …, Gn (Xn)**
3.3. **Formirati skup G(X) ={ G1 (X1), G2 (X2), …, Gn (Xn)}**
3.4. **Rezultat 3. koraka je skup G(X)**

Primenom postupku particionisanja na konkretan skup H, kao rezultat drugog koraka algoritma normalizacije metodom sinteze se dobijaju sledeći partitivni disjunktni podskupovi:

Na osnovu skupa H

H = {
I grupa fz $B \rightarrow A,D,H$,
II grupa fz $D \rightarrow E,G$,
III grupa fz $G \rightarrow C,F$,
IV grupa fz $AF \rightarrow B$
}

Rezultujući skupovi **Gi (Xi) sa istim ls(f) su:**

$G_1(B)=\{ B \rightarrow A, B \rightarrow D, B \rightarrow H\}$
$G_2(D)=\{ D \rightarrow E, D \rightarrow G\}$
$G_3(G)=\{ G \rightarrow C, G \rightarrow F\}$
$G_4(AF)=\{ AF \rightarrow B\}$

Na osnovu skupova **Gi (Xi) sa istim ls(f) rezultujući skup G(X) ima sledeću strukturu, što je ujedno i rezultat trećeg** algoritma normalizacije metodom sinteze **:**

$G(X)=\{G_1(B); G_2(D); G_3(G); G_4(AF)\}$

4. **Izdvajanje ekvivalentnih levih strana - pronalaženje i spajanje ekvivalentnih ključeva u skupu G(X)**

U četvrtom koraku algoritma normalizacije metodom sinteze da bi se dobio minimalni broj šema relacija, pronalaze se ekvivalentni ključevi i izdvajaju u poseban skup funkcionalnih zavisnosti J, koji sadrži ekvivalentne leve strane funkcionalnih zavisnosti, a na njihovi podskupove funkcionalnih zavisnosti se primenjuje operacija unije.

**Postupak je sledeći:**

1. **Izdvajanje ekvivalentnih levih strana - pronalaženje ekvivalentnih ključeva u skupu G(X)**
2. **Formirati skup J u kome se izdvajaju i spajaju ekvivalentne leve strane**
3. **Formirati skup G'(X) u kome se modifikuju polazni skupovi sa G(X) sa istim levim stranama.**

***Rezultat 4. koraka je: Tačno definisati i formirati skupove G'(X) i J.***

Polazni skup koji se razmatra je rezultat prethodnog trećeg koraka ovog algoritma:

$G(X)=\{ G_1(B); G_2(D); G_3(G); G_4(AF)\}$, gde:

$G_1(B)=\{ B\rightarrow A, B\rightarrow D, B\rightarrow H\}$
$G_2(D)=\{ D\rightarrow E, D\rightarrow G\}$
$G_3(G)=\{G\rightarrow C, G\rightarrow F\}$
$G_4(AF)=\{AF\rightarrow B\}$

Na osnovu rezultata prethodnog koraka u skupu G(X) je mogući kandidat za ekvivalentne leve strane skup fz: $AF\rightarrow B$ i $B\rightarrow AF$. Fz $AF\rightarrow B$ je data u $G_4(AF)=\{ AF\rightarrow B\}$

Potencijalno postojanje fz $B\rightarrow AF$, kao ekvivalentne leve strane fz $AF\rightarrow B$ se dokazuje ***isključivo iscrpnom primenom pravila izvođenja (Amstrongovih aksioma), što je u osnovi postupak koji ima sledeću strukturu:***

1. $AF\rightarrow B$ postoji kao definisani skup $G_4(AF)=\{ AF\rightarrow B\}$ i treba dokazati postojanje fz $B\rightarrow AF$ na osnovu skupa G(X) i ***iscrpnom primenom pravila izvođenja (Amstrongovih aksioma)***

$G(X)=\{ G_1(B); G_2(D); G_3(G); G_4(AF)\}$, gde:

$G_1(B)=\{ B\to A, B\to D, B\to H\}$
$G_2(D)=\{ D\to E, D\to G\}$
$G_3(G)=\{ G\to C, G\to F\}$
$G_4(AF)=\{ AF\to B\}$

2. $B\to A$
   dato u $G_1(B)$

3. Da li se može dokazati postojanje fz $B\to F$? Da, može što se dokazuje u narednoj tački 4.

4. $B\to D \wedge D\to G \wedge G\to F \Rightarrow B\to F$
   dato u $G_1(B)$ — dato u $G_2(B)$ — dato u $G_3(B)$ — na osnovu pravila $\pi_3$ Aksioma tranzitivnosti

5. Obzirom da je $B\to A$ dato u $G_1(B)$, a postojanje fz $B\to F$ dokazano ***primenom pravila izvođenja (Amstrongova aksioma tranzitivnosti), tada se izvodi sledeći zaključak:***

6.
   6.1. $B\to A$ dato u $G_1(B)$
   6.2. $B\to F$ dokazano u tački 4. $\Longrightarrow$ $B\to AF$
   $(B\to D \wedge D\to G \wedge G\to F \Rightarrow B\to F)$
   na osnovu pravila $\pi_4$ Aksioma unije i izvođenja 6.1. i 6.2.

Pravila izvođenja: (***Amstrongovi aksiomi)***

- ($\pi_4$) ***Unija*** Ako $X\to Y_1$ i $X\to Y_2$, tada važi $X\to Y_1Y_2$.
- ($\pi_5$) ***Dekompozicija*** Ako $X\to Y$ i $Z\subseteq Y$, tada važi $X\to Z$.

7. Formira se skup $J=\{ AF\to B, B\to AF \}$ jer su $AF\to B$ i $B\to AF$ ekvivalentne leve strane
8. Na osnovu datog skupa iz trećeg koraka:
   $G(X)=\{ G_1(B); G_2(D); G_3(G); G_4(AF)\}$, gde je $G_1(B)=\{ B\to A, B\to D, B\to H\}$, $G_2(D)=\{ D\to E, D\to G\}$, $G_3(G)=\{ G\to C, G\to F\}$, $G_4(AF)=\{ AF\to B\}$

   formira se novi modifikovani skup u oznaci G`(X):

$G`(X)=\{ G_1`(B); G_2(D); G_3(G)\}$ gde je
$G_1`(B)=\{ B \rightarrow D, B \rightarrow H\}$
$G_2 (D)=\{ D \rightarrow E, D \rightarrow G\}$
$G_3 (G)=\{ G \rightarrow C, G \rightarrow F\}$

**5.** Ponovno pronalaženje novih tranzitivnih funkcionalnih zavisnosti

Generisanjem funkcionalnih zavisnosti $X \rightarrow Y$ i $Y \rightarrow X$ i njihovim smeštanjem u J, može doći do situacije da neke od funkcionalnih zavisnosti u H postanu ponovo tranzitivne. Pronalaženje ovih tranzitivnih zavisnosti se vrši u 5. koraku.
Postupak 5. koraka:

5.1. Eliminacija tranzitivnih i trivijalnih zavisnosti u skupovima G'(X) i J

Rezultat 5. koraka: skup L koji se formira od novopronađenih tranzitivnih zavisnosti.

U primerima koji će biti realizovani na ovom predmetu L={Ø}

**6.** Rekonstrukcija podskupova funkcionalnih zavisnosti na osnovu vrednosti formiranih skupova: J, G'(X) i L.

U 6. koraku algoritma sinteze se vrši rekonstrukcija podskupova tako, da se iz njih eliminišu, eventualne tranzitivne zavisnosti, a uključuju se odgovarajuće funkcionalne zavisnosti $X \rightarrow Y$ i $Y \rightarrow X$.

Postupak: Rekonstrukcija grupa funkcionalnih zavisnosti

Rezultat: Formiran novi skup G''(X), uključivanjem ekvivalentnih levih strana

**Rekonstrukcija grupa funkcionalnih zavisnosti:**

1. Razmatraju se ulazni skupovi za postupak **rekonstrukcija grupa funkcionalnih zavisnosti**

1.1. Skup G`(X)

$G`(X)=\{ G_1`(B); G_2(D); G_3(G)\}$ gde je

$G_1`(B)=\{ B\rightarrow D, B\rightarrow H\}$

$G_2`(D)=\{ D\rightarrow E, D\rightarrow G\}$

$G_3`(G)=\{ G\rightarrow C, G\rightarrow F\}$

1.2. Skup J

$J=\{ AF\rightarrow B, B\rightarrow AF \}$

1.3. Skup L

$L=\{\emptyset\}$

Postupak rekonstrukcije se realizuje na sledeći način:

$G``(X)=\{ G_{1J}``(AF,B); G_2(D); G_3(G)\}$

$G_{1J}``=\{AF\rightarrow B, B\rightarrow AF, B\rightarrow D, B\rightarrow H\}$

$G_2(D)=\{ D\rightarrow E, D\rightarrow G\}$

$G_3(G)=\{ G\rightarrow C, G\rightarrow F\}$

**7.** Formiranje skupa šema relacija S

U 7. koraku se formira skup šema relacija S tako, što se skup obeležja funkcionalnih zavisnosti jednog podskupa proglašava za skup obeležja same šeme relacije, a skup levih strana funkcionalnih zavisnosti tog podskupa, za skup sintetizovanih ključeva iste šeme relacije.

Postupak:

Formirati skupove R1, R2, …, Rn. Skup obeležja jednog podskupa skupa G’’(X) se preuzima za skup obeležja sintetizovanih šema relacija, a skup ls(f) postaje skup sintetizovanih ključeva iste šeme relacije.

Rezultat:

Skup S šema relacija u III NF, u oznaci S = $\{Ni(Ri,Ki)\}$

Ulazni skup za formiranje skupa šema relacija S je skup $G``(X)=\{ G_{1J}``(AF,B); G_2(D); G_3(G)\}$ sa sledećom strukturom u konkretnom primeru:

$G`` (X)=\{ G_{1J}``(AF,B); G_2(D); G_3(G)\}$

$G_{1J}``(AF,B)=\{\{A,F,B,D,H\}, \{AF,B\}\}$
$G_2(D)=\{\{ D,E,G\}, \{D\}\}$
$G_3(G)=\{\{G,C,F\}, \{G\}\}$

Rezultat je skup S šema relacija u III NF, u oznaci S = $\{Ni(Ri,Ki)\}$ sa sledećom strukturom u konkretnom primeru:

$S=\{ G_{1J}``(AF,B); G_2(D); G_3(G) \}$

**Skup S šema relacija je u III NF, u oznaci S = {Ni(Ri,Ki)} i ima veoma bitnu implikaciju,** **a to je da garantuje *nepostojanje, odnosno izostajanje sva tri oblika anomalija ažuriranja: anomalije unosa, anomalije brisanja i anomalije modifikacije***

2.Zadatak

Skup U={A,B,C,D,E,F}
Skup F={ $B \rightarrow D$,
$A \rightarrow C,B$,
$AB \rightarrow E$,
$F \rightarrow A,C,E$,
$BD \rightarrow A,E$,
$D \rightarrow C$ }
1.redukcija levih strana funkcionalnih zavisnosti

Obeležje B je suvišno obeležje u funkcionalnoj zavisnosti $AB \rightarrow E$ jer je dato $A \rightarrow B \Rightarrow A \rightarrow E$
$BD \rightarrow A,E$

Tvrdimo da je obeležje D suvišno u fz $BD \rightarrow A,E$ jer $B \rightarrow A \Rightarrow B \rightarrow A,E$

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

2.eliminacija tranzitivnih i trivijalnih funkcionalnih zavisnosti

$B \rightarrow E$ ?
$B \rightarrow A \wedge A \rightarrow E \Rightarrow B \rightarrow E$

$F \rightarrow C$ ?
$F \rightarrow A \wedge A \rightarrow C \Rightarrow F \rightarrow C$

$F \rightarrow E$ ?
$F \rightarrow A \wedge A \rightarrow E \Rightarrow F \rightarrow E$

$A \rightarrow C$ ?
$A \rightarrow B \wedge B \rightarrow D \wedge D \rightarrow C \Rightarrow A \rightarrow C$

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

3.particionisanje skupa funkcionalnih zavisnosti

$G_1(B)=\{ B \rightarrow D, B \rightarrow A\}$
$G_2(A)=\{ A \rightarrow B, A \rightarrow E\}$
$G_3(F)=\{ F \rightarrow A\}$
$G_4(D)=\{ D \rightarrow C\}$

$G(x)=\{ G_1(B); G_2(A); G_3(F); G_4(D)\}$
4.traženje ekvivalentnih levih strana

$J=\{ B \rightarrow A ; A \rightarrow B \}$

$G`(x)=\{ G_1`(B); G_2(A); G_3(F) ; G_4(D)\}$ gde je
$G_1`(B)=\{ B \rightarrow D\}$
$G_2`(A)=\{ A \rightarrow E\}$
$G_3`(F)=\{ F \rightarrow A\}$
$G_4`(D)=\{ D \rightarrow C\}$

5.ponovno traženje tranzitivnih funkcionalnih zavisnosti
$L=\{ \}$

6.rekonstrukcija skupa funkcionalnih zavisnosti

$G``(x)=\{ G_{12J}`(AF,B); G_3`(F); G_4`(D)\}$

$G_{12J}``=\{B \rightarrow A; A \rightarrow B; B \rightarrow D; A \rightarrow E\}$
$G_3(F)=\{ F \rightarrow A\}$
$G_4(D)=\{ D \rightarrow C\}$

7.formiranje skupa šema relacija

$G_{12J}`` (AB)=\{\{A,B,D,E\}, \{A,B\}\}$
$G_3(F)=\{\{ F,A\}, \{F\}\}$
$G_4(D)=\{\{D,C\}, \{D\}\}$

Rezultat je skup S

$S=\{ G_{12J}`` (AB); G_3(F); G_4(D) \}$