

Slavko Marić

Dražen Brđanin

# RELACIONE BAZE PODATAKA



## Relacione baze podataka

**Slavko Marić, Dražen Brđanin**  
**RELACIONE BAZE PODATAKA**

1. izdanje

Recenzenti

**Prof. dr Dragan Mihajlović**  
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**Prof. dr Leonid Stoimenov**  
Elektronski fakultet, Niš

Lektor

**Jovanka Borić**

Likovni rad i grafički dizajn korica

**mr Jelica Čulafić**

Izdavač

**Univerzitet u Banjoj Luci**  
**Elektrotehnički fakultet**

Štampa

**MAKOPRINT**, Banja Luka

Tiraž

300 primjeraka

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна и универзитетска библиотека  
Републике Српске, Бања Лука

004.652.4(075.8)  
519.683.5(075.8)

МАРИЋ, Славко  
Relacione baze podataka / Slavko Marić, Dražen  
Brđanin. - 1. izd. - Banja Luka : Elektrotehnički  
fakultet, 2012 (Banja Luka : Makoprint). - 434  
str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 300. - Bibliografija: str. 423-426. -  
Registar.

ISBN 978-99955-46-07-6  
1. Брђанин, Дражен [аутор]

COBISS.BH-ID 2642968

© **Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, 2012.**

Sva prava zadržana. Nije dozvoljeno da bilo koji dio ove knjige bude snimljen, emitovan ili reprodukovan na bilo koji način, uključujući, ali ne ograničavajući se na fotokopiranje, fotografiju, magnetni ili bilo koji drugi vid zapisa, bez prethodne dozvole izdavača.

Slavko Marić  
Dražen Brđanin

# RELACIONE BAZE PODATAKA

Banja Luka  
2012



*Ovu knjigu posvećujem porodici*  
**S.M.**

*Mojoj Leni*  
**D.B.**



# Predgovor

Fascinantan razvoj elektronskih tehnologija omogućio je primjenu računarski baziranih sistema u svim područjima ljudske djelatnosti. Najveća potreba za primjenom računara je svakako u domenu obrade, skladištenja, čuvanja i korištenja informacija, što je zahtijevalo razvoj efikasnih i pouzdanih tehnologija za projektovanje, razvoj, implementaciju i efikasno korištenje sistema sa elektronskim bazama podataka. Danas su takvi sistemi temelj i neophodan uslov funkcionisanja kompanija, državnih, obrazovnih, zdravstvenih i drugih institucija, a većina tih sistema se zasniva na korištenju relacionih baza podataka. Zbog toga, principi organizacije, funkcionisanja, projektovanja i razvoja sistema sa relacionim bazama podataka su od esencijalnog značaja za sve one koji se bave razvojem i obezbjeđenjem tehničke podrške za rad ovih sistema, i predstavljaju predmet ove knjige.

Osnovna namjena knjige jeste da se koristi kao udžbenik za predmet Baze podataka na prvom ciklusu studija studijskog programa Računarstvo i informatika na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci. Smatramo, takođe, da knjiga može biti korisna i svima onima koji slušaju kurseve sličnog nastavnog programa, kao i inženjerima koji rade na razvoju, administriranju ili održavanju sistema sa relacionim bazama podataka.

I pored postojanja više knjiga slične namjene na engleskom jeziku, smatramo da će ova knjiga olakšati savladavanje gradiva mnogim studentima koji ne koriste engleski jezik bez teškoća. Knjiga pokriva u nešto širem obimu i sa više detalja ciljno gradivo navedenog predmeta. U cijeloj knjizi korišten je veliki broj konzistentnih primjera koji se odnose na pojednostavljenu bazu podataka i funkcionisanje univerzitetskog informacionog sistema. Navedeni primjeri su bliski studentima, jer se odnose na objekte i procese realnog svijeta u kojima studenti svakodevno participiraju, što bi trebalo da studentima olakša razumijevanje materije koja se prezentuje. Jedan od problema pri pisanju knjige bio je vezan za korištenje odgovarajućih termina srpskog jezika. Nastojali smo da na konzistentan način koristimo termine koji



su u stručnoj i naučnoj literaturi na srpskom jeziku najčešće u upotrebi, pri čemu su raznovrsnost i šarolikost engleskih termina u literaturi predstavljale dodatni problem. Sugestije za poboljšanje teksta i otklanjanje uočenih grešaka i propusta čitaoci mogu dostaviti na [rdb@etfbl.net](mailto:rdb@etfbl.net), na čemu ćemo im biti iskreno zahvalni.

Materijal je organizovan u sedam glava, i to: *Uvod, Konceptualno modelovanje podataka, Relacioni model, SQL, Normalizacija organizacije relacionih baza podataka, Fizička organizacija podataka, Transakcije.*

Na kraju svake glave dat je sažetak, te pitanja za ponavljanje i zadaci za vježbu. Teoretski koncepti i praktični aspekti primjene objašnjeni su korištenjem velikog broja konzistentnih primjera i ilustracija.

U prvoj, uvodnoj glavi, izloženi su razlozi i motivi za razvoj i realizaciju sistema sa bazom podataka i prezentovana globalna arhitektura takvih sistema. Date su definicije osnovnih pojmova i opisani **ključni koncepti**, kao što su nivoi apstrakcije podataka, modeli podataka, koncept šema na različitim nivoima apstrakcije, instance baze podataka itd. Predstavljani su različiti tipovi organizacija baze, opisana je svrha jezika za definisanje i manipulaciju podacima te globalna arhitektura i način funkcionisanja sistema za upravljanje bazom podataka. Prezentovane su različite varijante arhitekture aplikativnih sistema, opisane uloge različitih učesnika povezanih sa sistemima sa bazama podataka i izložene tipične faze životnog ciklusa takvih sistema, sa fokusom na faze projektovanja (konceptualno, logičko, fizičko) relacije baze podataka.

U drugoj glavi detaljno se izlaže najčešće korišteni postupak **konceptualnog modelovanja**, koji predstavlja prvu i najznačajniju fazu projektovanja relacije baze podataka, zasnovan na modelu objekti-veze (MOV). Detaljno su opisani osnovni koncepti: entiteti, entitetski tipovi i skupovi, atributi, veze, vezni tipovi i skupovi, ograničenja na vezama, ključevi, te koncepti proširenog modela: specijalizacija/generalizacija, agregacija, kategorije. Posebna pažnja posvećena je MOV dijagramima: od opisa osnovnih gradivnih struktura dijagrama do prikaza procesa projektovanja. S obzirom na rastuću ulogu i značaj UML-a, takođe su prezentovane osnovne mogućnosti konceptualnog modelovanja podataka korištenjem UML notacije.

U trećoj glavi izložen je **relacioni modela podataka**. Prezentovane su teoretske osnove i formalne definicije fundamentalnih relacionih koncepata kao što su: relacija, relaciona šema, šema relacije baze podataka, ključevi (superključ, kandidatski i primarni ključ), specifikacija ograničenja u relacionom modelu kojima se štiti integritet podataka itd. Detaljno su diskuto-

vana i izložena neformalna pravila za mapiranje MOV konceptualnog modela u relacioni model, kao i postupak mapiranja UML konceptualnog modela u relacioni model. Presentovani su formalni upitni jezici za rad sa podacima u relacionim bazama: proceduralni (relaciona algebra) i deklarativni (relacioni račun), na kojima se bazira standardni komercijalni jezik za rad sa relacionim bazama – SQL.

Četvrta glava sadrži iscrpan prikaz karakteristika **SQL**-a, od osnovnih do naprednih koncepata. Opisani su osnovni tipovi podataka u SQL-u, kreiranje SQL relacija/tabela, rad sa SQL šemama i katalozima. Dat je detaljan opis osnovnih SQL upita, setovskih operacija i složenijih, ugniježđenih SQL upita. Opisane su osnovne operacije brisanja, umetanja i ažuriranja, integritetska ograničenja i osnovni mehanizmi zaštite i sigurnosti podataka. Na kraju su ukratko izložene naprednije mogućnosti: trigeri, uskladištene procedure, specifikacija transakcija, te korištenje SQL-a u aplikativnim programima. Opisana su dva osnovna načina: ugrađeni SQL i pristup preko odgovarajućeg API-ja, gdje je za potrebe objašnjenja u primjerima korišten SQL/CLI model, sa implementacijom u programskom jeziku C.

Peta glava razmatra problem **normalizacije organizacije relacionih baza podataka**. Na početku ovog dijela prezentuju se i opisuju anomalije loše projektovanih baza podataka: redundantnost podataka, problem ažuriranja, anomalije umetanja i brisanja. Anomalije koje proističu iz neadekvatne organizacije relacione baze podataka mogu se identifikovati i eliminisati korištenjem teorije zavisnosti (funkcionalnih, višeznačnih i zavisnosti spajanja) i dekompozicijom relacionih šema. Izloženi su neophodni i poželjni uslovi dekompozicije: dekompozicija bez gubitka informacija i dekompozicija sa očuvanjem zavisnosti. U posljednjem dijelu dat je detaljan prikaz normalnih formi i postupaka normalizacije baza podataka.

Predmet šeste glave je **fizička organizacija relacionih baza podataka** te način mapiranja logičke na fizičku organizaciju. Izložen je koncept hijerarhijske organizacije memorije, sa detaljnijim opisom karakteristika sekundarnih *on-line* memorija (magnetnih diskova), te različiti postupci i tehnike minimizacije vremena pristupa podacima na disku. Predstavljeni su različiti tipovi fizičke organizacije fajlova, odnosno načini organizacije podataka u zapise, smještanja zapisa u blokove, povezivanja blokova u fajl itd. Analizirane su i diskutovane različite indeksne strukture za pristup podacima u fajlovima (uređeni indeksi, višenivoski indeksi i B<sup>+</sup>-stabla te heš indeksi), kao i pogodnost korištenja pojedinih fajl organizacija i indeksnih struktura u zavisnosti od specifičnosti aplikativnih situacija.

U posljednjoj, sedmoj glavi, dat je opis koncepta, osnovnih karakteristika i principa izvršavanja **transakcija** nad bazom podataka. Na početku je dat opis ACID svojstava i osnovnih stanja transakcija. Navedene su karakteristike i prednosti konkurentnog izvršavanja transakcija, s jedne strane, te apostrofirani i ilustrovani problemi i nekorektni rezultati koji se mogu generisati u toku konkurentnog izvršavanja, s druge strane. Data je specifikacija formalnih uslova koje konkurentni rasporedi izvršavanja moraju zadovoljiti (konfliktno ekvivalentni, ekvivalentni po pogledu) kako bi se generisali korektni rezultati, ekvivalentni serijskom izvršavanju transakcija. Dat je pregled tehnika za upravljanje konkurentnim izvršavanjem, gdje je detaljno opisan dvofazni protokol zaključavanja. Poseban odjeljak posvećen je mehanizmima oporavka baze podataka nakon neuspješnog izvršenja neke transakcije: pristup podacima baze u toku izvršavanja transakcije, oporavak baziran na vođenju logova, odložena i neposredna modifikacija baze podataka te kontrolne tačke.

Na kraju, posebnu zahvalnost izražavamo recenzentima knjige, prof. dr Draganu Mihajloviću i prof. dr Leonidu Stoimenovu.

Zahvalnost dugujemo i kolegi Goranu Banjcu, koji je korisnim sugestijama dao doprinos poboljšanju teksta četvrte glave. Likovno rješenje i grafički dizajn korica knjige uradila je mr Jelica Čulafić, a mnoge formalne greške u tekstu uklonjene su zahvaljujući lektoru Jovanki Borić.

Banja Luka, januar 2012.

*Autori*

# Sadržaj

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Uvod</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1      | Karakteristike i arhitektura računarskih baza podataka . . . . | 4         |
| 1.1.1    | Tipovi baza podataka . . . . .                                 | 6         |
| 1.1.2    | Tri nivoa apstrakcije podataka . . . . .                       | 8         |
| 1.1.3    | Modeli podataka . . . . .                                      | 9         |
| 1.1.4    | Šeme i instance . . . . .                                      | 10        |
| 1.1.5    | Jezici za rad sa bazama podataka . . . . .                     | 11        |
| 1.2      | Sistemi za upravljanje bazama podataka . . . . .               | 13        |
| 1.2.1    | Ciljevi i prednosti DBMS . . . . .                             | 13        |
| 1.2.2    | Ostale prednosti korištenja baza podataka i DBMS . . . . .     | 19        |
| 1.2.3    | Klasifikacija DBMS . . . . .                                   | 20        |
| 1.2.4    | Osnovne komponente i globalni opis funkcionisanja . . . . .    | 21        |
| 1.3      | Učesnici povezani sa bazama podataka . . . . .                 | 24        |
| 1.3.1    | Korisnici sistema sa bazama podataka . . . . .                 | 24        |
| 1.3.2    | Specijalisti za razvoj DBMS i sistemsku podršku . . . . .      | 26        |
| 1.4      | Aplikacije baza podataka . . . . .                             | 27        |
| 1.4.1    | Aplikativna arhitektura . . . . .                              | 27        |
| 1.4.2    | Proces razvoja . . . . .                                       | 33        |
| 1.4.3    | Projektovanje i implementacija baze podataka . . . . .         | 35        |
| 1.5      | Sažetak . . . . .  | 37        |
| <b>2</b> | <b>Konceptualno modelovanje podataka</b>                       | <b>41</b> |
| 2.1      | Model objekti-veze . . . . .                                   | 42        |
| 2.1.1    | Osnovni koncepti . . . . .                                     | 42        |
| 2.1.2    | Ograničenja na tipovima veza . . . . .                         | 49        |
| 2.1.3    | Ključevi . . . . .   | 53        |
| 2.1.4    | MOV dijagrami . . . . .  | 56        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 2.1.5    | Slabi entitetski tip . . . . .   | 60         |
| 2.1.6    | Prošireni MOV model . . . . .  | 63         |
| 2.1.7    | Sumarni pregled simbola koji se koriste u MOV modelu i alternativne notacije . . . . . | 72         |
| 2.1.8    | Kreiranje MOV dijagrama i projektne opcije . . . . .                                   | 74         |
| 2.1.9    | Primjer kreiranja MOV dijagrama . . . . .  | 87         |
| 2.2      | Modelovanje primjenom UML . . . . .  | 95         |
| 2.2.1    | Arhitektura UML-a . . . . .  | 96         |
| 2.2.2    | Standardni UML dijagrami . . . . .   | 98         |
| 2.2.3    | Dijagram klasa . . . . .   | 101        |
| 2.3      | Sažetak . . . . .  | 114        |
| <b>3</b> | <b>Relacioni model</b>   | <b>123</b> |
| 3.1      | Struktura relacionih baza podataka . . . . .   | 125        |
| 3.1.1    | Relacije i relacione šeme . . . . .  | 125        |
| 3.1.2    | Karakteristike relacija . . . . .  | 128        |
| 3.1.3    | Korištena notacija i konvencije . . . . .  | 130        |
| 3.2      | Ograničenja u relacionom modelu . . . . .  | 130        |
| 3.2.1    | Domenska ograničenja . . . . .   | 131        |
| 3.2.2    | Ključevi . . . . .   | 132        |
| 3.2.3    | Aplikativno bazirana ograničenja . . . . .   | 135        |
| 3.3      | Šema relacione baze podataka . . . . .   | 135        |
| 3.3.1    | UML reprezentacija šeme relacione baze podataka . . . . .                              | 137        |
| 3.4      | Mapiranje konceptualnog modela u relacioni model . . . . .                             | 140        |
| 3.4.1    | Mapiranje MOV modela na šemu relacione baze podataka . . . . .                         | 140        |
| 3.4.2    | Mapiranje UML konceptualnog modela . . . . .   | 157        |
| 3.5      | Formalni upitni jezici . . . . .   | 161        |
| 3.5.1    | Relaciona algebra . . . . .  | 162        |
| 3.5.2    | Relacioni račun <i>torki</i> . . . . .   | 190        |
| 3.5.3    | Relacioni račun domena . . . . .   | 196        |
| 3.6      | Sažetak . . . . .  | 199        |
| <b>4</b> | <b>SQL</b>   | <b>205</b> |
| 4.1      | Definicija podataka u SQL-u . . . . .  | 207        |
| 4.1.1    | Osnovni tipovi podataka i specifikacija domena . . . . .                               | 207        |
| 4.1.2    | Kreiranje SQL relacija . . . . .   | 211        |
| 4.1.3    | SQL šeme i katalozi . . . . .  | 216        |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.1.4 | Brisanje i izmjene objekata SQL šeme . . . . .                   | 217 |
| 4.2   | Osnovni upiti u SQL-u . . . . .                                  | 218 |
| 4.2.1 | Jednostavni upiti oblika select – from . . . . .                 | 219 |
| 4.2.2 | Jednostavni upiti sa where klauzulom . . . . .                   | 221 |
| 4.2.3 | Upiti sa više relacija u from klauzuli . . . . .                 | 223 |
| 4.2.4 | Preimenovanje relacija i <i>torka</i> promjenljive . . . . .     | 224 |
| 4.2.5 | Sortiranje <i>torki</i> u prikazu rezultata upita . . . . .      | 225 |
| 4.3   | Setovske operacije . . . . .                                     | 226 |
| 4.4   | Složeniji SQL upiti . . . . .                                    | 228 |
| 4.4.1 | Rad sa <i>null</i> vrijednostima . . . . .                       | 228 |
| 4.4.2 | Agregatne funkcije . . . . .                                     | 230 |
| 4.4.3 | Gniježđenje SQL upita . . . . .                                  | 232 |
| 4.4.4 | Spojene relacije . . . . .                                       | 239 |
| 4.4.5 | Pogledi . . . . .  | 242 |
| 4.4.6 | With klauzula i rekurzivni upiti . . . . .                       | 244 |
| 4.5   | Modifikacija baze . . . . .                                      | 249 |
| 4.5.1 | Brisanje . . . . .   | 250 |
| 4.5.2 | Umetanje . . . . .   | 251 |
| 4.5.3 | Ažuriranje . . . . .   | 252 |
| 4.5.4 | Modifikacija baze podataka kroz poglede . . . . .                | 254 |
| 4.6   | Integritetska ograničenja . . . . .                              | 256 |
| 4.6.1 | Domenska ograničenja . . . . .                                   | 257 |
| 4.6.2 | Ograničenja na relacijama . . . . .                              | 258 |
| 4.6.3 | Potvrde . . . . .  | 263 |
| 4.7   | Sigurnost i autorizacija . . . . .                               | 264 |
| 4.8   | Ostale mogućnosti . . . . .                                      | 268 |
| 4.8.1 | Trigeri . . . . .  | 269 |
| 4.8.2 | Uskladištene procedure . . . . .                                 | 272 |
| 4.8.3 | Podrška za specifikaciju transakcija . . . . .                   | 273 |
| 4.9   | Korištenje SQL-a u aplikativnim programima . . . . .             | 273 |
| 4.9.1 | Ugrađeni SQL . . . . .   | 275 |
| 4.9.2 | Dinamičko generisanje SQL iskaza . . . . .                       | 280 |
| 4.9.3 | Pristup bazi preko aplikativnog programskog interfejsa . . . . . | 281 |
| 4.10  | Sažetak . . . . .  | 285 |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>5</b> | <b>Normalizacija organizacije relacionih baza podataka</b>   | <b>289</b> |
| 5.1      | Problemi i anomalije loše projektovanih baza podataka . . . . .  | 290        |
| 5.1.1    | Redundancija podataka i problem ažuriranja . . . . .   | 290        |
| 5.1.2    | Anomalije umetanja i brisanja . . . . .  | 292        |
| 5.2      | Funkcionalne zavisnosti . . . . .  | 294        |
| 5.2.1    | Koncept i definicija funkcionalnih zavisnosti . . . . .  | 294        |
| 5.2.2    | Zatvaranje skupa funkcionalnih zavisnosti . . . . .  | 297        |
| 5.2.3    | Zatvaranje skupa atributa . . . . .  | 298        |
| 5.2.4    | Minimalni skup funkcionalnih zavisnosti . . . . .  | 301        |
| 5.3      | Dekompozicija relacionih šema . . . . .  | 303        |
| 5.3.1    | Dekompozicija bez gubitka informacija . . . . .  | 307        |
| 5.3.2    | Dekompozicija sa očuvanjem zavisnosti . . . . .  | 309        |
| 5.4      | Normalne forme i postupci normalizacije . . . . .  | 313        |
| 5.4.1    | Prva normalna forma (1NF) . . . . .  | 314        |
| 5.4.2    | Druga normalna forma (2NF) . . . . .   | 315        |
| 5.4.3    | Treća normalna forma (3NF) . . . . .   | 316        |
| 5.4.4    | Boyce-Coddova normalna forma (BCNF) . . . . .  | 320        |
| 5.4.5    | Analiza normalizacije organizacije relacionih baza podataka korištenjem funkcionalnih zavisnosti . . . . . | 323        |
| 5.4.6    | Višeznačne zavisnosti i četvrta normalna forma . . . . .   | 324        |
| 5.4.7    | Peta normalna forma . . . . .  | 330        |
| 5.4.8    | Proces normalizacije – rekapitulacija . . . . .  | 333        |
| 5.4.9    | Denormalizacija . . . . .  | 335        |
| 5.5      | Sažetak . . . . .  | 339        |
| <b>6</b> | <b>Fizička organizacija podataka</b>   | <b>343</b> |
| 6.1      | Hijerarhijska organizacija memorije . . . . .  | 344        |
| 6.2      | Fizička organizacija i karakteristike disk jedinica . . . . .  | 346        |
| 6.3      | Poboljšanje performansi pristupa podacima . . . . .  | 352        |
| 6.4      | Koncept mapiranja logičke organizacije baze podataka na fizički nivo . . . . .                             | 358        |
| 6.5      | Reprezentacija zapisa . . . . .  | 359        |
| 6.5.1    | Zapisi fiksne dužine . . . . .   | 360        |
| 6.5.2    | Zapisi promjenljive dužine . . . . .   | 361        |
| 6.6      | Organizacija zapisa u okviru fajlova . . . . .   | 364        |
| 6.6.1    | Fajl organizacija sa neuređenim redoslijedom zapisa . . . . .  | 364        |
| 6.6.2    | Fajl organizacija sa uređenim redoslijedom zapisa . . . . .  | 366        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.6.3    | Klasterska organizacija . . . . .                              | 369        |
| 6.6.4    | Indeksne pristupne strukture . . . . .                         | 370        |
| 6.6.5    | Heš organizacija . . . . .                                     | 382        |
| 6.6.6    | Pogodnost primjene pojedinih fajl organizacija . . . . .       | 386        |
| 6.7      | Sažetak . . . . .  | 387        |
| <b>7</b> | <b>Transakcije</b>   | <b>391</b> |
| 7.1      | Osnovna svojstva transakcija . . . . .                         | 391        |
| 7.2      | Stanja transakcije . . . . .                                   | 392        |
| 7.3      | Izvršavanje konkurentnih transakcija . . . . .                 | 394        |
| 7.3.1    | Konfliktno ekvivalentni rasporedi . . . . .                    | 397        |
| 7.3.2    | Rasporedi ekvivalentni po pogledu . . . . .                    | 400        |
| 7.4      | Mogućnost oporavka u slučaju neuspješnog izvršenja . . . . .   | 401        |
| 7.4.1    | Rasporedi izvršenja i mogućnost oporavka . . . . .             | 402        |
| 7.4.2    | Rasporedi izvršenja i oporavak više transakcija . . . . .      | 403        |
| 7.5      | Kontrola konkurentnog izvršenja . . . . .                      | 404        |
| 7.5.1    | Katanci . . . . .  | 405        |
| 7.5.2    | Dvofazni protokol zaključavanja . . . . .                      | 408        |
| 7.6      | Izolacioni nivoi definisani SQL standardom . . . . .           | 409        |
| 7.7      | Mehanizmi oporavka baze podataka . . . . .                     | 411        |
| 7.7.1    | Pristup podacima baze u toku izvršavanja transakcija . . . . . | 412        |
| 7.7.2    | Postupci oporavka bazirani na vođenju logova . . . . .         | 413        |
| 7.8      | Sažetak . . . . .  | 417        |
|          | <b>Literatura</b>  | <b>423</b> |
|          | <b>Indeks pojmova</b>  | <b>427</b> |