

SADRŽAJ

Predgovor 1

Uvod 3

1. OSNOVNI POJMOVI TRANSPORTNIH I KOMUNIKACIONIH MREŽA 9

- 1.1. Osnovni pojmovi 9
- 1.2. Izračunavanje stepena povezanosti mreže 13
- 1.3. Merenje dostupnosti 19
- 1.4. Izračunavanje gustine mreže 22
- 1.5. Prikazivanje mreža u matricnoj formi 23
- 1.6. Algoritam za konstrukciju razapinjućeg drveta 25
- 1.7. Algoritmi za iznalaženje razapinjućeg drveta najmanje dužine 29
- 1.8. Algoritam za iznalaženje razapinjućeg drveta najveće dužine 37

Literatura 43

2. TOKOVI NA MREŽAMA 45

- 2.1. Tokovi na granama mreže 45
- 2.2. Problem određivanja vektora tokova kome odgovaraju minimalni troškovi 47

- 2.3. Mreža sa jednim izvorom i jednim ciljem 48
- 2.4. Algoritam za iznalaženje maksimalnog toka kroz mrežu sa jednim izvorom i jednim ciljem 50
- 2.5. Algoritam za iznalaženje maksimalnog toka kroz mrežu sa više izvora i više ciljeva 59
- 2.6. Određivanje kritične grane mreže 64

Literatura 69

3. OPTIMALNI PUTEVI U TRANSPORTNIM I KOMUNIKACIONIM MREŽAMA 71

- 3.1. Iznalaženje optimalnog puta u mreži 71
- 3.2. Iznalaženje najkraćih puteva od jednog čvora do svih ostalih čvorova u mreži 72
- 3.3. Generički algoritam za iznalaženje najkraćih puteva od jednog čvora do svih ostalih čvorova u mreži 75
- 3.4. Algoritam Dijkstra-e za određivanje najkraćih puteva od jednog čvora do svih ostalih čvorova u mreži 79

- 3.5. Algoritam za pronalaženje drugog najkraćeg puta u mreži **85**
- 3.6. Algoritam za iznalaženje najkraćih puteva između svih parova čvorova **89**
Literatura **95**

4. PROBLEMI KOMBINATORNE OPTIMIZACIJE NA MREŽAMA: PROBLEM KINESKOG POŠTARA 97

- 4.1. Problem kineskog poštara **97**
- 4.2. Problem kineskog poštara na neorijentisanim mrežama **98**
- 4.3. Problem kineskog poštara na orijentisanim mrežama **104**
Literatura **107**

5. PROBLEMI KOMBINATORNE OPTIMIZACIJE NA MREŽAMA: PROBLEM TRGOVAČKOG PUTNIKA 109

- 5.1. Problem trgovačkog putnika **109**
- 5.2. Matematička formulacija problema trgovačkog putnika **111**
- 5.3. Računarska složenost i kvalitet algoritama za rešavanje problema trgovačkog putnika **112**
- 5.4. Heuristički algoritmi za rešavanje problema trgovačkog putnika **115**
- 5.5. Heuristički algoritmi zasnovani na slučajnom izboru **116**
- 5.6. Proždrljivi (Greedy) heuristički algoritmi **117**
- 5.7. Algoritam “najbližeg suseda” za konstrukciju rute trgovačkog putnika **118**

- 5.8. Algoritam “ubacivanja” za konstrukciju rute trgovačkog putnika **119**
- 5.9. Algoritam “najbližeg ubacivanja” za konstrukciju rute trgovačkog putnika **119**
- 5.10. Algoritam “najjeftinijeg ubacivanja” za konstrukciju rute trgovačkog putnika **124**
- 5.11. Algoritam “proizvoljnog ubacivanja” za konstrukciju rute trgovačkog putnika **126**
- 5.12. Christofides-ov heuristički algoritam za konstrukciju rute trgovačkog putnika **129**
- 5.13. Clarke–Wright-ov algoritam “ušteda” za konstrukciju rute trgovačkog putnika **131**
- 5.14. Algoritam “najvećeg ugla” za konstrukciju rute trgovačkog putnika **134**
- 5.15. Algoritam “ubacivanja u konveksan mnogougao” za konstrukciju rute trgovačkog putnika **138**
- 5.16. Or-ov algoritam za konstrukciju rute trgovačkog putnika **140**
- 5.17. 2-OPT, 3-OPT i k-OPT heuristički algoritam za rešavanje problema trgovačkog putnika **143**
- 5.18. Heuristički algoritmi za rešavanje problema trgovačkog putnika zasnovani na izravnavanju podataka **145**
- 5.19. Problem m trgovačkih putnika **148**
- 5.20. Probabilistički problem trgovačkog putnika i probabilistički ruting problemi **150**

5.21. Heuristički algoritam “najbližeg suseda” za rešavanje probabilističkog problema trgovačkog putnika **153**

5.22. Heuristički algoritam “skoro najbližeg suseda” za rešavanje probabilističkog problema trgovačkog putnika **157**

Literatura **159**

6. PROBLEMI KOMBINATORNE OPTIMIZACIJE NA MREŽAMA: METAHEURISTIČKI ALGORITMI 161

6.1. Metaheuristički algoritmi **161**

6.2. Lokalno pretraživanje **162**

6.3. Simulirano kaljenje **162**

6.4. Primer primene simuliranog kaljenja za projektovanje ruta u slučaju stohastičke potražnje **164**

6.4.1. Stohastički problemi rutiranja **164**

6.4.2. Algoritam simuliranog kaljenja za projektovanje ruta u slučaju stohastičke potražnje **170**

6.5. Genetski algoritmi **175**

6.6. Tabu pretraživanje **178**

6.7. Heuristički algoritmi inspirisani sistemima u prirodi **184**

6.8. Inteligencija grupe **184**

6.9. Optimizacija kolonijom mrava **186**

6.10. Optimizacija kolonijom pčela **191**

6.10.1. Metaheuristika “Optimizacija kolonijom pčela” **192**

6.11. Optimizacija grupom čestica **197**
Literatura **199**

7. PROBLEMI RUTIRANJA SAOBRAĆAJNIH SREDSTAVA 205

7.1. Problemi rutiranja saobraćajnih sredstava **205**

7.2. Standardni problem rutiranja saobraćajnih sredstava **209**

7.3. Clarke–Wright-ov algoritam “ušteda” za projektovanje ruta saobraćajnih sredstava **212**

7.4. Modifikovani Clarke–Wright-ov algoritam “ušteda” zasnovan na pravilima fuzzy aritmetike **217**

7.5. Heuristički algoritam “čišćenja” za projektovanje ruta saobraćajnih sredstava **223**

7.6. Heuristički algoritam “čišćenja” u okviru pristupa “zoniranje-rutiranje” **225**

7.7. Dvofazni algoritam za projektovanje ruta saobraćajnih sredstava **227**

7.8. “Rutiranje-zoniranje” pristup rešavanju problema projektovanja ruta saobraćajnih sredstava **232**

7.9. Problem rutiranja saobraćajnih sredstava u slučaju postojanja više baza **238**

7.10. Problem periodičnog rutiranja **241**

7.11. Problemi rutiranja i određivanje veličine i strukture flote saobraćajnih sredstava **250**

7.12. “Rutiranje-zoniranje” pristup za projektovanje ruta u slučaju različitih tipova saobraćajnih sredstava **250**

7.13. Modifikovani algoritam “ušteda” za projektovanje ruta u slučaju različitih tipova saobraćajnih sredstava **256**

- 7.14. Problemi rutiranja i redova vožnje saobraćajnih sredstava **263**
- 7.15. Algoritmi ušteda za rešavanje problema rutiranja sa vremenskim intervalima **266**
- 7.16. Algoritam najbližeg suseda za rešavanje standardnog ruting problema sa vremenskim intervalima **278**
- 7.17. Problem prikupljanja i razvoženja i problemi redova vožnje **282**
- 7.18. Transportni sistemi "Nazovi vožnju" **283**
- 7.19. Minimiziranje "praznih vožnji" u slučaju statičkog transportnog sistema "Nazovi vožnju" **285**
- 7.20. Heuristički algoritam za projektovanje ruta u slučaju statičkog transportnog sistema "Nazovi vožnju" **294**
Literatura **304**

8. RUTIRANJE SAOBRAĆAJNIH TOKOVA 313

- 8.1. Tokovi na transportnim i komunikacionim mrežama **313**
- 8.2. Intenziteti tokova na transportnim mrežama **315**
- 8.3. Zavisnost nivoa usluge na mrežama od intenziteta tokova **317**
- 8.4. Funkcija performansi, funkcija potražnje i pojam ekvilibrijuma mreže **318**
- 8.5. Kapaciteti čvorova i grana transportne mreže **320**
- 8.6. Potrebe za upravljanjem saobraćajnim tokovima na mrežama **325**

- 8.7. Izvorno-ciljna matrica kretanja na transportnoj mreži **327**
- 8.8. Izbor rute na mreži **328**
- 8.9. Modeli izbora **329**
- 8.10. Logit model **331**
- 8.11. Nedostaci Logit modela: slučaj plavog i crvenog autobusa **336**
- 8.12. Raspodela saobraćaja na mreži **337**
- 8.13. Ekvilibrijum transportne mreže **340**
- 8.14. Korisnički ekvilibrijum u slučaju postojanja dve rute **343**
- 8.15. Formulacija problema raspodele saobraćaja na mreži koja odgovara korisničkom ekvilibrijumu u slučaju postojanja više od dve rute **345**
- 8.16. Formulacija problema raspodele saobraćaja na mreži koja odgovara optimumu sistema **350**
- 8.17. Raspodela saobraćaja na mreži tipa "sve ili ništa" **352**
- 8.18. Heuristički algoritmi za rešavanje problema raspodele saobraćaja na mreži koja odgovara korisničkom ekvilibrijumu **355**
 - 8.18.1. Metod zadržavanja kapaciteta za iznalaženje korisničkog ekvilibrijuma **355**
 - 8.18.2. Metod inkrementalne raspodele za iznalaženje korisničkog ekvilibrijuma **357**
- 8.19. Korisnički ekvilibrijum u slučaju varijabilne potražnje **357**
- 8.20. Raspodela saobraćaja na mreži: neke specifičnosti telekomunikacionih mreža **360**

8.21. Problem simultanog određivanja širina propusnog opsega i raspodele saobraćaja na komunikacionoj mreži 361	9.3. Merenje rastojanja u lokacijskim problemima 391
8.22. Problem raspodele saobraćaja po mreži u slučaju kada su zadate vrednosti propusnih opsega na granama komunikacione mreže 363	9.4. Lokacijski problem pokrivanja skupa 393
8.23. Diverzitet puteva 364	9.5. Lokacijski problem maksimalnog pokrivanja 398
8.24. Rutiranje u uslovima budžetskih ograničenja 365	9.6. Problem p disperzije 399
8.25. <i>Braess</i> -ov paradoks 366	9.7. Medijane 401
8.26. Dinamička raspodela saobraćaja na mreži 370	9.8. Algoritam za određivanje jedne medijane mreže 402
8.27. Strategije za upravljanje saobraćajnom tražnjom 373	9.9. Rešavanje problema p -medijana primenom algoritma za generisanje skupa dopustivih rešenja 406
8.28. Tarifiranje u uslovima saobraćajnih zagušenja 374	9.10. "Proždrljivi" heuristički algoritmi za rešavanje problema p medijana 410
8.29. Teorija masovnog opsluživanja i tarifiranje u uslovima saobraćajnih zagušenja 376	9.11. "Naizmenični" heuristički algoritam za rešavanje problema p medijana 412
8.30. Aukcijski modeli kupovine prava na korišćenje saobraćajne infrastrukture na mreži 379	9.12. Heuristički algoritam "zamene" za rešavanje problema p medijana 414
8.31. Proždrljivi algoritam za rešavanje problema određivanja pobednika kombinatorne aukcije 382	9.13. Lokacijski problem fiksnih troškova 416
Literatura 383	9.14. Primer lokacijskog problema fiksnih troškova: Problem određivanja lokacije čvorova (habova, ruter) komunikacionih mreža 418
9. LOKACIJSKI PROBLEMI 389	9.15. Lokacija habova 419
9.1. Osnovne postavke teorije lokacije 389	9.16. Centri 422
9.2. Klasifikacija lokacijskih problema 390	9.17. Algoritam za određivanje centra mreže 423
	Literatura 425
	Beleška o autoru 429