

SADŽAJ – Glava 1, Glava 2

1. JEDNOKRITERIJUMSKI PROBLEMI TIPa TRANSPORTA

1.1. STANDARDNI ZADATAK TRANSPORTA, 1

- Matematički model, 1
- Prevođenje otvorenih modela u zatvorene modele, 1
- Algoritam, 1
- Primer 1., 1
  - Oređivanje elemenata transporta (geografski položaj, rastojanja, vremena, troškovi, ponude, potrebe), 2
  - Analiza kriterijuma transporta, 3
  - Polazni podaci za troškove transporta, 4
  - Matematički model, 4
- WinQSB, Network Modeling, Transportation Problem, 5
  - Pokretanje programa, 5
  - Izbor tipa modela, kriterijuma i oblika polaznih podataka, 5
  - Definisanje polaznih podataka modela, 5
    - Matrični – tabelarni oblik, Matrix Form, 5
    - Definisanje naziva učesnika, 6
    - Tumačenje polja u Matrix Form, 6
    - Grafički oblik, Graphic Model, 6
  - Rešavanje i analiza modela, Solve and Analyse, 6
    - Rešavanje, Solve the Problem, 6
    - Tabelarni prikaz procesa, Solve and Display Steps – Tableau, 7
    - Grafički prikaz procesa, Solve and Display Steps – Network, 8
  - Prikazivanje rešenja – Results, 8
    - Tabela sa bazičnim promenljivama, Solution Table – Nonzero Only, 8
    - Tabela sa svim promenljivama, Solution Table – All, 10
    - Grafik rešenja, Graphic Solution, 9
    - Matrični oblik rešenja, 9
    - Pregled rešenja (MS Excel Worksheet), 10
- Post-optimalna analiza rešenja, Results, 11
  - Range of Optimality, 11
  - Range of Feasibility, 11
  - Šta ako analiza, Perform What If Analysis, 12
    - Izbor vrste analize, 12
  - What If Analysis  $c(j)$ , 12
    - Analiza za aktivnu relaciju transporta, 12
    - Analiza za neaktivnu relaciju transporta, 13
    - Određivanje promene  $c(j)$  neaktivne relacije za višestruko optimalno rešenje, 13
    - Tumačenje višestrukog optimalnog rešenja, 13
    - Matrični zapis višestrukog optimalnog rešenja, 13
- Vektorska analiza  $c(j)$ , 14
  - Definisanje analize, 14
  - Rezultat analize Solution Table – Nonzero Only, 14
  - Poređenje polaznog optimalnog rešenja i rezultata vektorske analize, 14
- What If Analysis ponude ishodišta, 15
  - Uvećanje ponude, 15
    - Definisanje analize, 15
    - Rezultat analize Solution Table – Nonzero Only, 15
    - Grafičko tumačenje rešenja, 15
  - Umanjenje ponude, 16
    - Tabelarni prikaz analize, 16
    - Grafičko tumačenje rešenja, 16

- Parametarska analiza  $c(j)$ , Perform Parametric Analysis, 16
    - Definisanje analize, 16
    - Prikaz rezultata analize, 16
      - Parametric Analysis – Table, 17
      - Parametric Analysis – Graphik, 17
  - Rešavanje složenijih zadataka, 18
  - Primer 2. Veća ukupna ponuda, 19
    - Polazni podaci, Matrix Form, 19
    - Optimalno rešenje, Solution Table – Nonzero Only, 19
    - Matematički model otvorenog problema, 19
    - Prevođenje otvorenog problema u zatvoreni problem, 20
    - Matrični zapis optimalnog rešenja, 20
  - Primer 3. Veća ukupna potreba, 21
    - Polazni podaci, Matrix Form, 21
    - Optimalno rešenje, Solution Table – Nonzero Only, 21
    - Matematički model otvorenog problema, 21
    - Prevođenje otvorenog problema u zatvoreni problem, 22
    - Matrični zapis optimalnog rešenja, 22
  - Izbor metoda za određivanje početnog rešenja, 23
  - Maksimizacija funkcije kriterijuma, 24
    - Primer 4., 24
      - Matrix Form, 25
      - Solution Table – Nonzero Only, 24
    - Poređenje rešenja minimizacije i maksimizacije kriterijuma, 24
  - Uopštavanje problema transporta na problem rasporeda izvršilaca, 25
  - Primer 5., 25
    - Polazni podaci, 25
    - Optimalno rešenje, 25
  - Memorisanje modela, 26
  - Memorisanje rešenja, 27
  - Učitavanje podataka, 27
  - Zadaci, 28
- 1.2. STANDARDNI ZADATAK ASIGNACIJE, 31**
- Matematički model, 31
  - Prevođenje otvorenih modela u zatvorene modele, 31
  - Algoritam, 31
  - Primer 1., 32
    - Polazni podaci, 32
    - Matematički model, 32
  - WinQSB, Network Modeling, Assignment Problem, 32
    - Definisanje polaznih podataka modela, 32
      - Matrični – tabelarni oblik, Matrix Form, 32
      - Grafički oblik, Graphic Model, 32
  - Rešavanje i analiza modela, Solve and Analyse, 32
    - Rešavanje, Solve the Problem, 32
    - Grafički prikaz procesa, Solve and Display Steps – Network, 34
    - Tabelarni prikaz procesa, Solve and Display Steps – Tableau (Hungaryan Method), 33
  - Prikazivanje rešenja – Results, 35
    - Tabela sa bazičnim promenljivama, Solution Table – Nonzero Only, 32
    - Tabela sa svim promenljivama, Solution Table – All, 35
    - Grafik rešenja, Graphic Solution, 35
    - Matrični oblik rešenja, 36
    - Analiza rešenja, Results, 36
      - Range of Optimality, 36
      - Range of Feasibility, 36
      - Šta ako analiza, Perform What If Analysis, 36

- Rezultat analize Solution Table – Nonzero Only, 36
- Matrični oblik rešenja, 36
- Parametarska analiza, Perform Parametric Analysis, 37
  - Definisanje elemenata analize, 37
  - Rezultat analize Parametric Analysis – Table, 37
  - Parametric Analysis – Graphic, 37
- Primer 2.  $m > n$  (više izvršilaca), 38
  - Polazni podaci, Matrix Form, 38
  - Optimalno rešenje, Solution Table – Nonzero Only, 38
  - Matematički model otvorenog problema, 38
  - Prevođenje otvorenog problema u zatvoreni problem, 38
  - Matrični zapis optimalnog rešenja, 41
- Primer 3.  $m < n$  (više poslova/aktivnosti), 39
  - Polazni podaci, Matrix Form, 39
  - Optimalno rešenje, Solution Table – Nonzero Only, 39
  - Matematički model otvorenog problema, 40
  - Prevođenje otvorenog problema u zatvoreni problem, 40
  - Matrični zapis optimalnog rešenja, 41
- Maksimizacija funkcije kriterijuma, 42
- Primer 4., 42
  - Polazni podaci, 42
  - Optimalno rešenje, 42
  - Poređenje rešenja minimizacije i maksimizacije modela, 42
- Rešavanje složenijih zadataka, 42
  - Primer 5. Maksimalni broj izvršilaca na istoj aktivnosti veći od 1, 43
    - Polazni podaci, 43
    - Matematički model, 43
    - Optimalno rešenje, 43
  - Primer 6. Maksimalni broj aktivnosti dodeljen istom izvršiocu veći od 1, 44
    - Polazni podaci, 44
    - Matematički model, 44
    - Optimalno rešenje, 44
  - Primer 7. Mešoviti problem, 45
  - Primena programa Transportation Problem, 45
- Zadaci, 45

### 1.3. MINIMIZACIJA MAKSIMALNOG VREMENA TRANSPORTA, 47

- Matematički model, 47
- Algoritam, 47
- Primer 1., 48
  - Polazni podaci, 48
  - Matematički model, 48
  - Proces rešavanja (koraci 1–3), 50
    - Korak 1. Određivanje polaznog rešenja i analiza, 50
    - Korak 2. Rešavanje pomoćnog modela 1 i analiza, 50
    - Korak 3. Rešavanje pomoćnog modela 2 i analiza, 50
  - Tumačenje rešenja, 50
- Maksimizacija minimalnog efekta transporta/rasporeda, 51
  - Zadatak transporta, 51
  - Zadatak asignacije, 51
- Primer 2., 52
  - Polazni podaci, 52
  - Proces rešavanja (iteracije 1-3), 52
    - Iteracija 1. Određivanje dopustivog rešenja i analiza, 52
    - Iteracija 2. Rešavanje pomoćnog modela 1 i analiza, 52
    - Iteracija 3. Rešavanje pomoćnog modela 2 i analiza, 53
  - Tumačenje rešenja, 53

- Primer 3., 54
  - Polazni podaci, 54
  - Proces rešavanja (iteracije 1-4), 54
  - Tumačenje rešenja, 55
- Zadaci, 55
  
- 1.4. MINIMIZACIJA MAKSIMALNOG VREMENA TRANSPORTA I KOLIČINE TERETA SA MAKSIMALNIM VREMENOM, 57**
  - Matematički model, 57
  - Algoritam, 57
  - Primer 1., 57
    - Polazni podaci, 58
    - Matematički model, 58
    - Proces rešavanja, 59
    - Tumačenje rešenja, 59
  - Primer 2., 60
  - Poređenje rešenja zatvorenog i otvorenog problema, 60
  - Zadaci, 60
  
- 1.5. MINIMIZACIJA UKUPNOG TRANSPORTNOG UČINKA SA STANOVIŠTA VREMENA ILI RASTOJANJA, 61**
  - Matematički model, 61
  - Transportni učinak sa stanovišta vremena, 61
    - Primer 1., 61
      - Polazni podaci, 61
      - Matematički model, 62
      - Matrix Form, 62
      - Solution Table – Nonzero Only, 62
      - Range of Feasibility, 63
      - Analiza elemenata transporta, 63
      - Range of Optimality, 64
  - Transportni učinak sa stanovišta rastojanja, 64
    - Primer 2., 64
      - Matematički model, 64
      - Solution Table – Nonzero Only, 64
      - Analiza elemenata transporta, 65
  - Poređenje rešenja za transportne učinke sa stanovišta vremena i rastojanja, 65
  - Zadaci, 65
  
- 1.6. MINIMIZACIJA UKUPNOG VREMENA TRANSPORTA ILI PREDENOG PUTA, 67**
  - Matematički model, 67
  - Algoritam, 67
  - Uopštavanje algoritma na razmatranje rastojanja, 68
  - Primer 1., 69
    - Polazni podaci, 69
    - Matematički model, 69
    - Proces rešavanja (iteracije 1,2), 70
      - Iteracija 1, 70
        - Analiza dopustivog rešenja, 70
        - Određivanje jediničnih priraštaja ukupnog vremena za nebazične promenljive, 70
        - Poboljšanje rešenja, 72
      - Iteracija 2, 73
    - Tumačenje optimalnog rešenja, 73
  - Primer 2., 74
    - Proces rešavanja (iteracije 1–3), 74
    - Tumačenje optimalnog rešenja, 75
  - Analiza novog kriterijuma za višestruko optimalno rešenje, 76
  - Zadaci, 78

## 1.7. VIŠEFAZNI TRANSPORT, 79

### Dvofazni transport, 79

Šematski prikaz problema, 79

Matematički model odabrane varijante problema, 79

Moguće varijante modela (13) i algoritam, 80

Proširene transportne tabele, 80

Proces rešavanja dvofaznog transporta, 82

### Primer 1, 83

Polazni podaci, 83

Geografski položaj učesnika i šema dvofaznog transporta, 83

Analiza i definisanje proširene transportne tabele, 84

Matematički model otvorenog problema, 85

Prevođenje otvorenog problema u zatvoreni problem, 85

Rešavanje modela, 86

Program Transportation Problem, Matrix Form, 85

Solution Table – Nonzero Only, 86

Tumačenje optimalnog rešenja, 86

Proširena transportna tabela sa rešenjem, 87

Grafički prikaz rešenja, 87

Tabelarni prikaz rešenja za fazu 1, 88

Tabelarni prikaz rešenja za fazu 2, 88

Matrično-vektorski oblik optimalnog rešenja, 88

Grafičko prikazivanje rešenja za faze problema, 89

Složeniji problemi dvofaznog transporta, 89

### Primer 2. (Direktna komunikacije ishodište-odredište), 90

Polazni podaci, 90

Proširena transportna tabela, 90

Matrix Form, 90

Optimalno rešenje Solution Table – Nonzero Only, 91

Tumačenje optimalnog rešenja – Grafički prikaz, 91

Poređenje rešenja bez i sa direktnim komunikacijama, 91

### Trofazni transport, 92

Šematski prikaz problema, 92

Matematički model odabrane varijante problema, 92

Algoritam, 93

### Primer 3, 93

Polazni podaci, 93

Analiza i definisanje proširene transportne tabele, 94

Matematički model otvorenog problema, 95

Prevođenje otvorenog problema u zatvoreni problem, 95

Rešavanje modela, 96

Matrix Form, 96

Solution Table – Nonzero Only, 96

Graphic Mode i Graphic Solution, 97

Optimalno rešenje, 98

Proširena transportna tabela, 98

Grafički prikaz, 97

Tumačenje optimalnog rešenja, 98

Matrično-vektorski oblik optimalnog rešenja, 98

Tumačenje rešenja za faze transporta, 98

### Zadaci, 100

## 1.8. TRANSPORT NA ZATVORENOJ PUTNOJ MREŽI (CNF), 101

Matematički model, 101

Algoritam, 101

Polazni podaci za primere, 102

Pregled učesnika i njihovih karakteristika, 102

Transportna tabela, 103

- Osnovni matematički model, 103
  - Problem bez ograničenja komunikacija, 104
    - Program Network Flow Problem, 104
      - Matrix Form, 104
      - Graphic Model, 104
      - Solution Table – Nonzero Only, 105
      - Matrična forma optimalnog rešenja, 105
      - Graphic Solution, 105
      - Tumačenje optimalnog rešenja, 106
      - Post-optimalna analiza, 106
        - Range of Optimality, 106
        - Range of Feasibility, 106
  - Problem sa istim tipom ograničenja protoka, 107
    - Program Net Flow Problem, What if Analysis, 107
      - Definisanje podataka za analizu, 107
      - Rezultat analize Solution Table – Nonzero Only, 107
      - Matrični oblik optimalnog rešenja, 107
      - Tumačenje optimalnog rešenja, 108
      - Vektorska analiza za isti tip ograničenja kod više komunikacija, 108
        - Definisanje elemenata za analizu, 108
        - Rezultat analize Solution Table – Nonzero Only, 109
  - Problem sa mešovitim tipovima ograničenja protoka, 109
    - Program Linear And Integer Programming, 109
      - Definisanje modela, 109
      - Normal Model Form, 110
      - Matrix Form, 110
      - Otimalno rešenje Solution Summary, 111
      - Tumačenje optimalnog rešenja, 111
        - Grafički prikaz rešenja, 111
        - Tabelarni prikaz rešenja, 112
        - Matrični zapis rešenja, 112
      - Memorisanje modela podataka, 113
        - Datoteka podataka Normal Model Form, 113
      - Memorisanje rešenja, 114
        - Datoteka rešenja Solution Summary, 114
        - Učitavanje datoteke modela podataka / rešenja, 114
  - Post-optimalna analiza sa programom Net Flow Problem, 115
    - What If Analysis, 115
    - Parametric Analysis, 115
      - Definisanje elemenata analize, 115
      - Parametric Analysis – Table, 115
      - Parametric Analysis – Graphic, 115
  - Varijanta definisanja modela programom Network Flow Problem, 116
    - Polazni podaci, 116
    - Matrix Form, 116
    - Solution Table – Nonzero Only, 117
    - Graphic Solution, 117
    - Range of Optimality, 117
  - Zadaci, 118
- 1.9. NAJKRAĆI PUT NA MREŽI (SPP), 119**
- Postavka problema, 119
  - Matematički model, 119
  - Algoritam, 119
  - Polazni podaci za primere, 119
  - Simetrična mreža, 120
    - Primer 1. ( $s=1$ ,  $t=n$ ), 120
    - Softver Shortest Path Problem, 120

- Matrix Form, Symetric Arc Coefficients 120
- Graphic Model, 121
- Matematički model, 121
- Izbor početnog i krajnjeg čvora, 120
- Rešenje Solution Table – Nonzero Only, 120
- Graphic Solution, 121
- Primer 2. ( $s > 1$ ,  $t = n$  ili  $t < n$ ) ili ( $s = 1$ ,  $t < n$ ), 123
  - Graphic Model, 124
  - Matematički model, 124
  - Rešenje Solution Table – Nonzero Only, 123
  - Graphic Solution, 125
  - Varijanta  $s > 1$ ,  $t < 1$ , 126
  - Pregled najkraćih rastojanja za odabrane čvorove mreže, 126
- Nesimetrična mreža, 127
  - Matrix Form, Asymetric Arc Coefficients, 127
  - Graphic Model, 127
  - Primer 3. ( $s = 1$ ,  $t = n$ ), 128
    - Matematički model, 128
    - Rešenje Solution Table – Nonzero Only, 128
  - Primer 4. ( $s > 1$ ,  $t = n$  ili  $t < n$ ) ili ( $s > 1$ ,  $t < n$ ), 129
    - Matematički model, 129
    - Rešenje Solution Table – Nonzero Only, 129
- Poređenje rešenja za simetričnu i nesimetričnu mrežu, 130
- Post-optimalna analiza, 131
  - What If Analysis  $c(j)$ , 131
  - Tumačenje rezultata analize, 131
- Uopštavanje problema na mreži, 132
- Zadaci, 132

## 1.10. MAKSIMALNI PROTOK NA MREŽI – CNF, 133

- Matematički model, 133
- Algoritam, 133
- Simetrična mreža, 134
  - Primer 1., 134
    - Program Maximal Flow Problem, 134
      - Matrix Form, 134
      - Graphic Model, 134
      - Maksimalni protok mreže ( $s = 1$ ,  $t = n$ ), 136
        - Matematički model, 135
        - Solution Table – Nonzero Only, 136
        - Graphic Solution, 136
        - Analiza rešenja, 136
        - What If Analysis za  $c(j)$ , 137
          - Definisanje elemenata analize, 137
          - Tumačenje rezultata analize, 137
  - Primer 2. ( $s = 1$ ,  $t < n$ ), 138
  - Maksimalni protok za  $s > 1$ , 138
  - Primer 3. ( $s > 1$ ,  $t < n$ ), 138
    - Graphic Model, 139
    - Matematički model ( $s = 3$ ,  $t < n$ ), 139
    - Solution table, 138
    - Graphic Solution (odabrani primeri), 140
    - Rezultati za odabrane primere, 138
- Postupak definisanja simetrične i nesimetrične mreže, 140
- Nesimetrična mreža, 141
  - Primer 4., 141
    - Matrix Form, 141
    - Graphic Model, 141

- Poređenje maksimalnih protoka simetrične i nesimetrične mreže, 142
  - Solution Table – Nonzero Only, 143
  - Graphic Solution, 142
- Maksimalni protoci za parove gradova, 143
  - Protoci na simetričnoj mreži, 143
  - Protoci na nesimetričnoj mreži, 143
- Napomene – neke karakteristike rešenja, 144
  - Simetrična mreža, 144
  - Nesimetrična mreža, 144
- Zadaci, 145

### 1.11. PROBLEM TRGOVAČKOG PUTNIKA (TSP), 147

- Matematički model, 147
- Rešavanje, 147
- Primer 1, 145
  - Polazni podaci, 148
  - Matematički model, 149
- Program Traveling Salesman Problem, 152
  - Matrix Form, 152
  - Izbor algoritma, 152
  - Rešenje Solution Table (Nonzero Only, All), 153
  - Graphic Solution, 153
  - Tumačenje rešenja, 153
- Primer 2., 154
  - Matrix Form, 154
  - Optimalno rešenje, 154
- Zadaci, 154

### 1.12. NAJKRAĆE RAZAPINJUĆE STABLO, 153

- Postavka problema, 155
- Rešavanje, 155
- Primer 1., 155
- Program Shortest Spanning Tree, 155
  - Matrix Form, 155
  - Graphic Model, 155
  - Solution Table – All, 156
  - Graphic Solution, 156
- Poređenje Minimalno razapinjuće stablo i Problem trgovačkog putnika, 156
- Primer 2., 157
  - Matrix Form, 157
  - Graphic Model, 157
- Poređenje Graphic Solution za Primer 1. i 2., 157
- Primer 3, 158
- Zadaci, 158

Primena modela standardnog linearnog celobrojnog programiranja i softvera Linear and Integer Programming

### 1.13. TRANSPORT SA OGRANIČENJIMA KOMUNIKACIJA I DRUGIM OBLICIMA OGRANIČENJA, 159

- Matematički model, 159
- Algoritam, 159
- Primer 1., 160
- Rešenje bez ograničenja komunikacija - Program Transportation Problem, 160
  - Matrix Form, 160
  - Solution Table – Nonzero Only, 160
- Definisanje ograničenja za dve relacije transporta, 160
  - Matrica nepoznatih – dva oblika oznaka, 160



- Polazni podaci za standardni model linearnog programiranja, 161
- Program Linear and Integer Programming (LP–ILP), 161
  - Problem bez ograničenja za relacije transporta, 161
    - Matrix Form, 161
    - Solution Summary, 162
    - Grafičko tumačenje rešenja, 162
    - Tabelarno tumačenje rešenja, 163
  - Problem sa ograničenjima za relacije transporta, 163
    - Matrix Form – gornje granice za nepoznate, 163
    - Solution Summary, 164
    - Grafičko tumačenje rešenja, 164
- Poređenje rešenja bez i sa ograničenjima za komunikacije, 165
- Uopštavanje problema, 165
- Primer 2., 165
  - Zabrana relacija transporta, program Transportation Problem (TP) – Matrix Form, 165
  - Matrični oblik rešenja, 165
- Ograničavanje troškova za podskupove učesnika, 166
- Primer 3., 166
  - Analiza rešenja bez ograničenja, 166
  - Matematički model sa ograničenjima za troškove dva podskupa učesnika, 166
  - Program Linear and Integer Programming (LP–ILP), 167
    - Matrix Form, 167
    - Solution Summary, 167
    - Constraint Summary, 168
  - Poređenje rešenja bez i sa ograničenjima za troškove, 168
  - Parametarska analiza ograničenja za troškove odredišta, 169
    - Definisanje parametarske analize i tumačenje, 169
      - Parametric Analysis – tabela rezultata, 169
      - Grafik parametarske analize, 170
    - Definisanje Perturbation Vector za parametarsku analizu i tumačenje, 170
      - Tabela rezultata analize, 171
      - Grafik parametarske analize, 171
    - Perturbation Vector sa negativnim elementom, 172
      - Tabela rezultata analize, 172
      - Grafik parametarske analize, 172
- Primer 4., 172
  - Ograničavanje troškova odredišta, 172
  - Matematički model, 172
  - Rešavanje modela (Linear and Integer Programming), 173
    - Matrix Form, 173
    - Solution Summary, 173
    - Constraint Summary, 173
  - Poređenje rešenja bez i sa ograničenjem za troškove odredišta, 174
  - Raščlanjavanje elemenata problema na učesnike (troškovi, maksimalna vremena, ukupna vremena), 175
- Zadaci, 175

#### 1.14. STANDARDNI PROBLEM ŽELEZNIČKOG (ILI KOPNENOG, VODENOG) TRANSPORTA, 177

- Opšta postavka problema, 177
- Matematički model, 177
- Dimenzije modela, 177
- Algoritam, 177
- Primer 1. ( $m=1, n>1$ ), 178
  - Polazni podaci, 178
  - Matematički model, 178
  - Linear and Integer Programming, 178
    - Matrix Form, 178
    - Combined Report, 178
  - Varijante rešenja u funkciji raspoloživih prevoznih sredstava, 178

- Primer 2. ( $m > 1, n = 1$ ), 178
  - Polazni podaci, 178
  - Matematički model, 179
  - Linear and Integer Programming, 179
    - Matrix Form, 179
    - Combined Report, 179
- Primer 3. ( $m > 1, n > 1$ ), 180
  - Polazni podaci, 180
  - Određivanje dimenzija modela, 180
  - Matematički model, 180
  - Linear and Integer Programming, 180
    - Matrix Form, 180
    - Normal Model Form, 181
    - Combined Report, 181
  - Analiza optimalnog rešenja, 181
  - Zadaci, 182

### 1.15. OPŠTI PROBLEM SA TRANSPORTNIM SREDSTVIMA, 183

- Opšta postavka problema, 183
- 1) Problem bez izdvojenih lokacija za transportna sredstva, 183
  - Matematički model, 184
  - Šematski prikaz problema, 184
  - Primer 1.1. ( $m > 1, n > 1, p = 1, q > 1$ ), 26
    - a) Ravnoteža ukupne ponude i ukupne potrebe, 184
      - Polazni podaci, 184
      - Određivanje dimenzija modela, 184
      - Podaci za Linear and Integer Programming, 184
        - Matrix Form, 185
        - Normal Model Form, 185
      - Nedopustivo rešenje – analiza, 185
      - Definisanje većeg broja transportnih sredstava, 186
        - Varijanta 1, 186
          - Combined Report, 186
          - Analiza rešenja, 186
        - Varijanta 2, 187
          - Combined Report, 187
          - Analiza rešenja, 187
      - Pregled rešenja za varijante raspoloživih transportnih sredstava, 187
    - b) Veća ukupna ponuda, 188
      - Matrix Form, 188
      - Combined Report, 188
      - Analiza rešenja, 188
    - c) Veća ukupna potreba, 189
      - Matrix Form, 189
      - Combined Report, 189
      - Analiza rešenja, 189
  - Primer 1.2. ( $m > 1, n > 1, p > 1, q > 1$ ), 190
    - Polazni podaci, 190
    - Podesnije označavanje nepoznatih, 190
    - Određivanje dimenzija modela, 191
    - Podaci za LP-ILP, 191
      - Normal Model Form, 192
    - Solution Summary, 193
    - Constraint Summary, 193
    - Interpretacija rešenja (MS Excel), 193
- 2) Problem sa izdvojenim lokacijama za transportna sredstva, 194
  - Matematički model, 194
  - Šematski prikaz problema, 194

- Primer 2.1. ( $m > 1, n > 1, p = 1, q > 1, z = 1$ ), 194
    - Polazni podaci, 195
    - Proračun jediničnih troškova (MS Excel), 195
    - LP-ILP, Normal Model Form, 196
    - Matrix Form, 196
    - Combined Report, 196
    - Interpretacija rešenja sa stanovišta nepoznatih (MS Excel), 197
    - Interpretacija rešenja sa stanovišta troškova (MS Excel), 197
  - Primer 2.2. ( $m = 1, n > 1, p > 1, q > 1, z > 1$ ), 198
    - Polazni podaci, 198
    - Proračun jediničnih troškova (MS Excel), 198
    - LP-ILP, Normal Model Form, 199
    - Matrix Form, 200
    - Solution Summary, 201
    - Constraint Summary, 200
    - Elementi primene metoda Branch and bound, 201
    - Tumačenje optimalnog rešenja (MS Excel), 201
  - Primer 2.3. ( $m > 1, n > 1, p > 1, q > 1, z > 1$ ), 45
    - Polazni podaci, 203
    - Proračun jediničnih troškova (MS Excel), 204
    - Matematički model, 204
    - LP-ILP, Normal Model Form, 205
    - Matrix Form, 205
    - Solution Summary, 206
    - Constraint Summary, 206
    - Tumačenje optimalnog rešenja (MS Excel), 207
    - Analiza rešenja sa stanovišta raspoloživih transportnih sredstava, 207
- Zadaci, 208

## 2. VIŠEKRITERIJUMSKI PROBLEMI TIPa TRANSPORTA

### 2.1. MINIMIZACIJA TROŠKOVA I MAKSIMALNOG VREMENA TRANSPORTA, 211

- Matematički model, 211
- Algoritam, 211
- Primer 1., 211
  - Polazni podaci, 211
  - Matematički model, 212
  - Polazni podaci za troškove, Matrix Form, 212
  - Proces rešavanja (iteracije 1,3,2), 213
    - Efikasno rešenje 1, 213
    - Efikasno rešenje 2, 214
    - Efikasno rešenje 3, 215
  - Pregled efikasnih rešenja, 215
- Optimizacija vremena i troškova dvofaznog transporta, 216
- Primer 2, 216
  - Efikasno rešenje 1, 216
  - Efikasno rešenje 2, 217
  - Pregled efikasnih rešenja
- Zadaci, 218

### 2.2. VIŠEKRITERIJUMSKI PROBLEMI SA TROŠKOVIMA, UKUPNIM VREMENOM I MAKSIMALNIM VREMENOM, 219

- Matematički model, 219
- Algoritam, 219
- Primer 1., 219
  - Polazni podaci, 220
  - Matematički model, 220

- Proces rešavanja (Iteracije 1-3), 221
  - Efikasno rešenje 1, 221
  - Efikasno rešenje 2, 224
  - Efikasno rešenje 3, 225
- Pregled efikasnih rešenja, 226
- Primer 2, 227
  - Proces rešavanja sa transportnim tabelama, 227
  - Leksikografska optimizacija kriterijuma, 229
    - Matrični oblik optimalnog rešenja u funkciji jedne promenljive, 230
    - Podskup efikasnih rešenja u funkciji jedne promenljive, 230
  - Analiza elemenata problema za jedno efikasno rešenje, 231
  - Poređenje kriterijuma u efikasnim rešenjima, 232
  - Odabrana efikasna rešenje, 232
- Zadaci, 234

### 2.3. PROBLEMI TRANSPORTA SA PRIORITETIMA ZA UČESNIKE, 235

- Postavka problema, 235
- Prioriteti za odredišta u problemu sa manjom ukupnom ponudom, 235
  - Primer 1., 235
    - Postavka problema (varijante zahteva prioriternih odredišta), 235
    - Interaktivna primena programa Transportation Problem i transportnih tabela, 235
    - Primena programa Transportation Problem uz korekciju podataka, 237
    - Poređenje optimalnih rešenja bez prioriteta i sa prioritetima, 238
    - Varijante potreba prioriternih odredišta, 239
    - Poređenje rešenja bez prioriteta i varijante zahteva za dva odredišta, 241
  - Prioriteti za ishodišta u problemu sa manjom ukupnom potrebom, 241
    - Primer 2., 241
      - Postavka problema (varijante zahteva prioriternih ishodišta), 241
      - Primena programa Transportation Problem, 241
        - Rešenje bez prioriteta ishodišta, 241
      - Prioritet za jedno ishodište ( $i=3$ ), 242
        - Matrix Form, 242
        - Solution Table – Nonzero Only, 242
      - Poređenje rešenja bez i sa prioritetom, 243
    - Prioritet za jedno ishodište ( $i=5$ ), 244
    - Prioriteti za dva ishodišta ( $i=4, i=5$ ), 244
    - Uslovi za dva ishodišta, 244
      - Poračun elemenata modela, 244
      - Matrix Form, 245
      - Solution Table – Nonzero Only, 245
      - Poređenje rešenja bez i sa uslovima za dva ishodišta, 245
  - Prioriteti za učesnike sa stanovišta troškova, 246
    - Primer 3., 246
      - Postavka problema (varijante zahteva učesnika sa prioritetima), 246
      - Matematički modeli za varijante problema, 246
      - Metod ograničavanja kriterijuma za bikriterijumski problem, 248
        - Korak 1. Min  $C_1$ , 248
        - Korak 2. Min  $C_2$  ca  $C_1^*$ , 248
        - Optimalna rešenja za Korak 1 i 2, 249
        - Korak 3. Min  $C_2$ , 249
        - Korak 4. Min  $C_1$  za  $C_2^*$ , 250
        - Optimalna rešenja za Korak 3 i 4, 250
        - Marginalna rešenja sa  $C_1^*$  i  $C_2^*$  uz uslovljenu optimizaciju suprotnog kriterijuma, 251
      - Efikasna rešenja primenom metoda ograničavanja kriterijuma, 251
      - Ekstremna efikasna rešenja primenom transportnih tabela, 252
      - Podskup efikasnih rešenja u funkciji jedne promenljive, 252

- Proces rešavanja (Iteracije 1-3), 221
  - Efikasno rešenje 1, 221
  - Efikasno rešenje 2, 224
  - Efikasno rešenje 3, 225
- Pregled efikasnih rešenja, 226
- Primer 2, 227
  - Proces rešavanja sa transportnim tabelama, 227
  - Leksikografska optimizacija kriterijuma, 229
    - Matrični oblik optimalnog rešenja u funkciji jedne promenljive, 230
    - Podskup efikasnih rešenja u funkciji jedne promenljive, 230
  - Analiza elemenata problema za jedno efikasno rešenje, 231
  - Poređenje kriterijuma u efikasnim rešenjima, 232
  - Odabrana efikasna rešenje, 232
- Zadaci, 234
- 2.3. PROBLEMI TRANSPORTA SA PRIORITETIMA ZA UČESNIKE, 235**
  - Postavka problema, 235
  - Prioriteti za odredišta u problemu sa manjom ukupnom ponudom, 235
    - Primer 1., 235
      - Postavka problema (varijante zahteva prioriternih odredišta), 235
      - Interaktivna primena programa Transportation Problem i transportnih tabela, 235
      - Primena programa Transportation Problem uz korekciju podataka, 237
      - Poređenje optimalnih rešenja bez prioriteta i sa prioritetima, 238
      - Varijante potreba prioriternih odredišta, 239
      - Poređenje rešenja bez prioriteta i varijante zahteva za dva odredišta, 241
  - Prioriteti za ishodišta u problemu sa manjom ukupnom potrebom, 241
    - Primer 2., 241
      - Postavka problema (varijante zahteva prioriternih ishodišta), 241
      - Primena programa Transportation Problem, 241
        - Rešenje bez prioriteta ishodišta, 241
    - Prioritet za jedno ishodište ( $i=3$ ), 242
      - Matrix Form, 242
      - Solution Table – Nonzero Only, 242
      - Poređenje rešenja bez i sa prioritetom, 243
    - Prioritet za jedno ishodište ( $i=5$ ), 244
    - Prioriteti za dva ishodišta ( $i=4, i=5$ ), 244
    - Uslovi za dva ishodišta, 244
      - Proračun elemenata modela, 244
      - Matrix Form, 245
      - Solution Table – Nonzero Only, 245
      - Poređenje rešenja bez i sa uslovima za dva ishodišta, 245
  - Prioriteti za učesnike sa stanovišta troškova, 246
    - Primer 3., 246
      - Postavka problema (varijante zahteva učesnika sa prioritetima), 246
      - Matematički modeli za varijante problema, 246
      - Metod ograničavanja kriterijuma za bikriterijumski problem, 248
        - Korak 1. Min C1, 248
        - Korak 2. Min C2 ca C1\*, 248
        - Optimalna rešenja za Korak 1 i 2, 249
        - Korak 3. Min C2, 249
        - Korak 4. Min C1 za C2\*, 250
        - Optimalna rešenja za Korak 3 i 4, 250
        - Marginalna rešenja sa C1\* i C2\* uz uslovljenu optimizaciju suprotnog kriterijuma, 251
      - Efikasna rešenja primenom metoda ograničavanja kriterijuma, 251
      - Ekstremna efikasna rešenja primenom transportnih tabela, 252
      - Podskup efikasnih rešenja u funkciji jedne promenljive, 252

- Matrični i tabelarni oblik  $x^*(x12)$ , 252
- Matrični i tabelarni oblik  $x^*(x13)$ , 253
- Matrični i tabelarni oblik  $x^*(x14)$ , 253
- Optimizacija troškova za dve grupe učesnika, 254
  - Polazni podaci, 254
  - Matematički model, 254
  - Primena ručnih postupaka (transportnih tabela), 254
    - Matrični oblik efikasnog rešenja u funkciji jedne promenljive, 256
    - Podskup efikasnih rešenja u funkciji jedne promenljive, 256
- Problem sa tri kriterijum, primena VKO modela standardnog LP i programa LP-ILP, 257
  - Leksikografska optimizacija  $C_1 \gg C_2 \gg C_0$ , 257
    - Podesno definisanje Matrix Form, 257
    - Optimizacija  $C1^*$ ,  $C2^*(C1^*)$ ,  $C3^*(C1^*, C2^*(C1^*))$ , 257
    - Efikasna rešenja, 258
  - Leksikografska optimizacija  $C_2 \gg C_1 \gg C_0$ , 256
    - Optimizacija  $C2^*$ ,  $C1^*(C2^*)$ ,  $C3^*(C2^*, C1^*(C2^*))$ , 256
    - Efikasna rešenja, 258
  - Pregled efikasnih rešenja relaksirane leksikografske optimizacije, 258
- Zadaci, 258

## 2.4. PRIMENA CILJNOG PROGRAMIRANJA U POBLEMIMA TRANSPORTA, 259

- Opšta postavka modela linearnog programiranja i ciljnog programiranja, 259
- Prevođenje modela linearnog programiranja sa jedim i više kriterijuma u modele ciljnog programiranja, 259
- Pravila za devijacione promenljive modela ciljnog programiranja, 260
- Primer 1., 261
  - Model sa dva cilja bez devijacionih promenljivih, 261
    - Postavka problema (varijanta ciljeva), 261
    - Polazni podaci, 261
    - Matematički model sa dva kriterijuma, 261
    - Poređenje višekriterijumske optimizacije i ciljnog programiranja, 262
- Program Linear and Integer Goal Programming, 262
  - Pokretanje programa, 262
  - Definisanje modela, 262
    - Matrix Form, 263
    - Normal Model Form, 263
  - Rešavanje modela i tumačenje rešenja, 263
    - Solution Summary, 263
    - Constraint Summary, 264
- Modeli sa tri cilja bez devijacionih promenljivih, 265
  - Matrix Form, 265
  - Solution Summary, 265
  - Zamena prioriteta ciljeva i analiza rešenja, 266
  - Pregled vrednosti ciljeva za varijante prioriteta, 266
- Modeli sa devijacion promenljivama u ograničenjima, 267
- Primer 2., 267
  - Matematički model, 267
  - Matrix Form, 268
  - Normal Model Form, 268
  - Rešavanje i tumačenje rešenja, 269
    - Solution Summary, 269
      - Vrednosti ciljeva, 269
      - Promenljive za odlučivanje i devijacije, 269
      - Reduced Cost, 270
    - Constraint Summary, 270
      - Leva i desna strana ograničenja, 270
      - Shadow Price Goal 1, Goal 2, 271

- Podudarnost Reduced Cost i Shadow Price, 271
- Shadow Price Goal 1 i Goal 2 za ograničenja bez devijacija, 271
- Promena prioriteta ciljeva, 271
  - Matrix Form, 271
  - Solution Summary, 272
  - Tumačenje rešenja, 272
- Ograničavanje vrednosti devijacionih promenljivih, 273
  - Matrix Form, 273
  - Solution Summary, 274
  - Tumačenje rešenja, 273
- Pregled korišćenja ponuda ishodišta za varijante prioriteta ciljeva, 274
- Definisanje ciljeva za količine tereta određenih grupa učesnika, 275
  - Matematički modeli, 275
    - Matrix Form, 275
    - Solution Summary, 276
    - Tumačenje rešenja, 276
- Primer 3., 277
  - Dve varijante matematičkog modela za ograničenja tipa "=", 277
    - Matrix Form, 278
    - Solution Summary, 279
    - Tumačenje rešenja 1, 278
- Poređenje 5 rešenja za varijante modela primera 1-3, 279
- Modeli sa devijacionim promenljivama u ciljevima, 280
  - Matrix Form, 280
  - Solution Summary, 281
  - Constraint Summary, 281
  - Tumačenje rešenja jedne varijante redosleda ciljeva, 280
- Zadaci, 282