

## TÜRKİYE İLLERİNİ KAPSAYAN BİR ŞEBEKE MİNİMİZASYON UYGULAMASI

Yrd. Doç. Dr. Aykut TOP\*  
Arş. Gör. Serdar PİRTİNİ\*\*

### Giriş

Bu çalışma ile Türkiye sınırları içindeki tüm illerin en az maliyetle birbirleri ile bağlantılarının sağlanacağı bir model geliştirilmesi ve sonucun bilgisayarla elde edilmesi hedeflenmiştir. Burada, her ilin en az bir başka il ile bağlantısının olması ve tüm bağlantı yollarının toplam mesafesinin minimum olması istenmektedir.

Çalışmanın sonucunda elde edilecek bulgulardan değişik amaçlarla yararlanılabileceği düşünülmektedir. Bunlar, örneğin, bir karayolu planlamasında tüm illerin en az maliyetle birbirlerine otoyollarla bağlanması veya iller arası bir telekomünikasyon veya enerji nakil hatları sisteminin oluşturulması, bir petrol dağıtım, pis su şebekesinin planlanması gibi makro düzeyde projeler olabileceği gibi, en az mesafe ile dağıtım planının bulunması türünden işletme bazındaki problemlere de, çalışma sonucunda elde edilecek veriler büyük ölçüde katkıda bulunacaktır.

Problemin "Şebeke Analizi" niteliği taşıması nedeni ile modelde bir şebeke minimizasyonu tekniği olan "Minimal Ağaç Açılımı" (Minimal Spanning Tree) (MST) algoritmasından yararlanılacaktır. Modelin kurulması, sonrasında veriler bilgisayara girilerek, çözüm bir paket program yardımı ile elde edilecektir.

### Şebeke Minimizasyonu

Bir model içindeki tüm faaliyetler ve olayların iç ilişkilerinin şekilsel olarak gösterimi, şebeke olarak adlandırılır(1).

Bir şebekede düğüm veya olay adı verilen bir dizi bağlantı noktasının birbirleri ile hat, dal veya faaliyet olarak adlandırılan yollarla bağlantıları mevcuttur. Düğümler daireler ile, hatlar ise düğümlerarası çizgiler ile ifade edilirler. Bir şebekede düğümler genellikle şehir, havalimanı, pompalama istasyonları gibi fiziksel yerleri gösterir. Hatlar ise karayolları, havayolları, boru hatları veya kablo gibi düğümler arası bağlantıyı sağlayan yollardır.

Herhangi iki noktayı birleştiren bir hattın mevcut olduğu ve kapalı bir çevrim oluşturmayan şebekelere "ağaç" adı verilir(2). Bir "Minimal Ağaç Açılımı" (MST) probleminde de toplam maliyeti minimize edecek ve her noktaya hizmet götürecektir şekilde hangi hatların kullanılması gerektiğine cevap aranır.

Tipik uygulama alanı olarak bir otobüs veya bir metro gibi taşıma ağının veya dağıtım kanallarının planlanması ele alındığında, her düğüm diğer düğümlere dağıtım yapabilecek bir yerleşimi, hatlar karayolu, havayolu trenyolu gibi ulaşım bağlantılarını ve düğümler arası mesafeler de iki nokta arasındaki taşıma maliyetini verir.

Bir (MST) probleminde yönlendirilmemiş bir şebeke sözkonusudur. Başka bir deyişle, düğümler arası hatların herhangi bir istikameti yoktur. Problemin çözümü için ihtiyaç olan bilgi, düğümler ve düğümler arası mesafeler den ibarettir.

Bir (MST) ile gerçekleştirilen şebeke minimizasyonu sonucu, gerekli ve yeterli hat sayısı,

$$h = (n-1) \text{ olarak bulunur(3).} \quad (n = \text{düğüm sayısı})$$

Daha çok bilgiişleme yönelik geliştirilen çözüm algoritmalarından en tanınmışları J.B. Kruskal ve R.C. Prim tarafından geliştirilmiş olan algoritmalarıdır(4).

### Modelin Kurulması

Şebeke Minimizasyonu çalışmasına esas teşkil edecek veriler için 1993 yılı Türkiye Karayolları haritasından yararlanılmıştır. Harita üzerindeki tüm illerin (n=74) çevre illeri ile bağlantıları çizilmiş ve sonuçta 148 adet hat elde edilmiştir (Bkz. Şekil-1). Her il şebekede bir düğüm ile temsil edilmekte olup, düğüm numaraları olarak her ilin trafik kodu kullanılmıştır. Tüm bağlantıların Km. cinsinden mesafeleri karayolları haritası üzerindeki tablodan çıkarılmıştır. Problemdaki düğüm ve hat sayılarının

\* Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü Öğretim Üyesi

\*\* Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü Araştırma Görevlisi

yüksek olması, sonucun bilgisayar kullanımı dışında bulunması imkanını ortadan kaldırmıştır. Bu nedenle modelin çözümü için bilgisayarda "QSB" adlı paket programdan yararlanma yoluna gidilmiştir.

1'den 148'e kadar hat numaraları, her hattın iki ucunu oluşturan illerin trafik kodları ve iki il arasındaki mesafeler, problemin veri girdilerini oluşturan EK-1'de görülmektedir.

#### **Sonuç**

Problemin çözümü bilgisayarda 74 iterasyonla ve 15 saniyede bulunmuştur. Çözüm çıktısı EK-2'de görülmektedir. Çıktıda birbirleri ile bağlantı kurulması gereken iller ve aralarındaki mesafeler tek tek belirtilmiştir. Toplam hat sayısı,  $h = (n-1)$  kuralına uygun olarak 73 adet bulunmuş ve sonuçta bu çözümün yol açtığı

toplam kilometre miktarı 8616 Km. olarak saptanmıştır. İller ve aralarındaki çözüm sonucu olarak bulunan bağlantılar Şekil-2 'deki Türkiye Haritası üzerinde kalın çizgilerle belirtilmiştir. Bu sonuç, tüm illerin birbirleri ile bağlantılarının sağlandığı ve hatların toplam Km. 'sinin en düşük olduğu plandır.

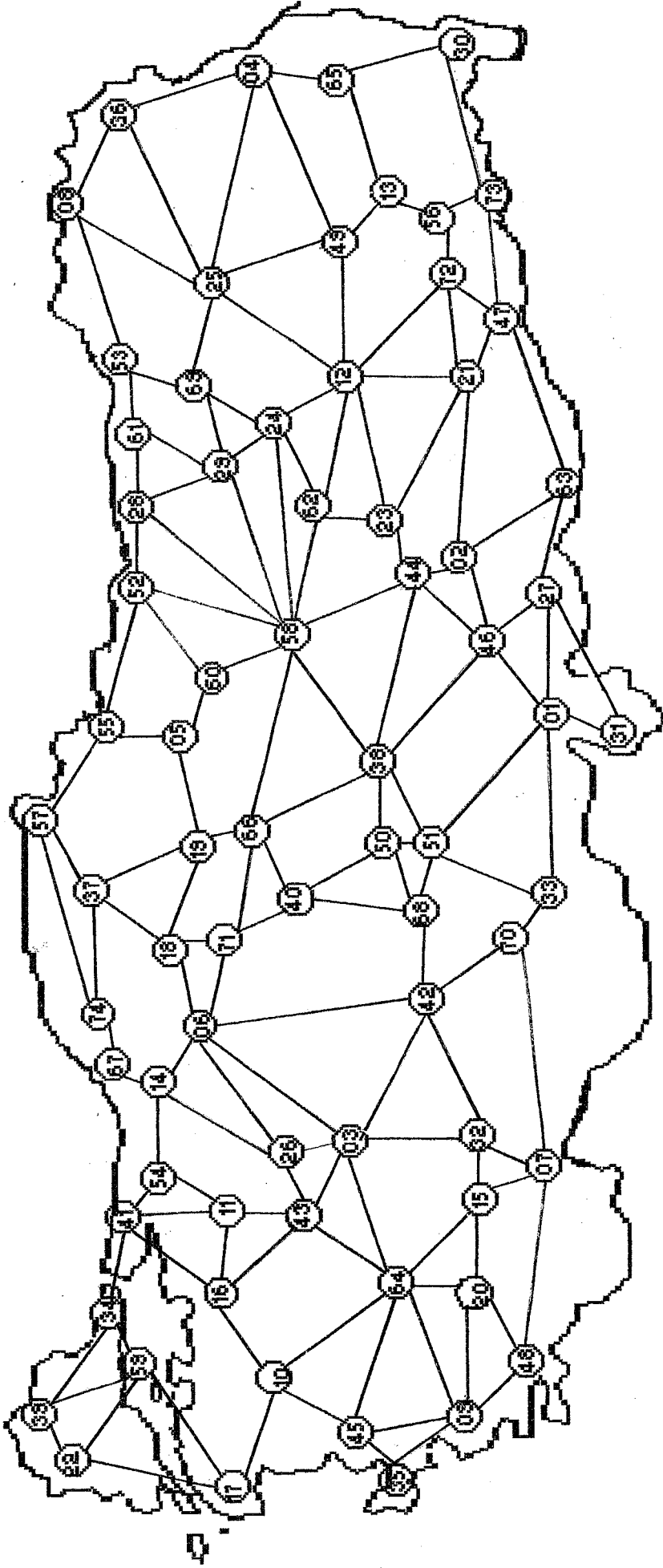
Elde edilen sonuçlar, ileride gerçekleştirilebilecek bir otoyol veya doğalgaz hattı projeleri gibi tüm Türkiye'yi kapsayan büyük projelerde veri olarak kullanılabilir niteliktedir.

Öneri, C:1 S:1

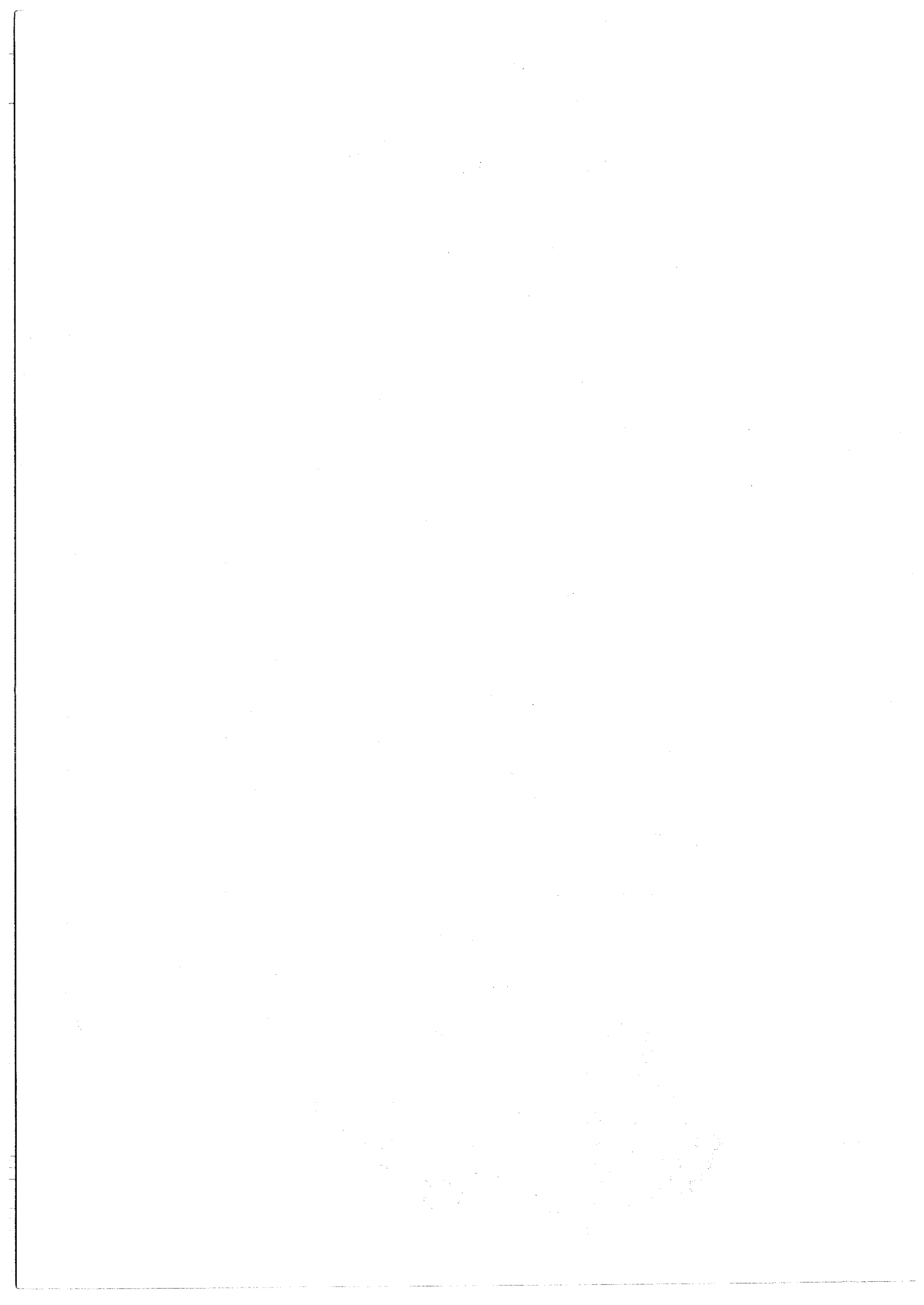
Şekil-1'in devamı  
İL TRAFİK KODLARI LİSTESİ

- |                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| 01 - ADANA      | 38 - KAYSERİ       |
| 02 - ADIYAMAN   | 39 - KIRKLARELİ    |
| 03 - AFYON      | 40 - KIRŞEHİR      |
| 04 - AĞRI       | 41 - KOCAELİ       |
| 05 - AMASYA     | 42 - KONYA         |
| 06 - ANKARA     | 43 - KÜTAHYA       |
| 07 - ANTALYA    | 44 - MALATYA       |
| 08 - ARTVİN     | 45 - MANİSA        |
| 09 - AYDIN      | 46 - KAHRAMANMARAŞ |
| 10 - BALIKESİR  | 47 - MARDİN        |
| 11 - BİLECİK    | 48 - MUĞLA         |
| 12 - BİNGÖL     | 49 - MUŞ           |
| 13 - BİTLİS     | 50 - NEVŞEHİR      |
| 14 - BOLU       | 51 - NİĞDE         |
| 15 - BURDUR     | 52 - ORDU          |
| 16 - BURSA      | 53 - RİZE          |
| 17 - ÇANAKKALE  | 54 - SAKARYA       |
| 18 - ÇANKIRI    | 55 - SAMSUN        |
| 19 - ÇORUM      | 56 - SİİRT         |
| 20 - DENİZLİ    | 57 - SİNOP         |
| 21 - DİYARBAKIR | 58 - SİVAS         |
| 22 - EDİRNE     | 59 - TEKİRDAĞ      |
| 23 - ELAZIĞ     | 60 - TOKAT         |
| 24 - ERZİNCAN   | 61 - TRABZON       |
| 25 - ERZURUM    | 62 - TUNCELİ       |
| 26 - ESKİŞEHİR  | 63 - ŞANLIURFA     |
| 27 - GAZİANTEP  | 64 - UŞAK          |
| 28 - GİRESUN    | 65 - VAN           |
| 29 - GÜMÜŞHANE  | 66 - YOZGAT        |
| 30 - HAKKARİ    | 67 - ZONGULDAK     |
| 31 - HATAY      | 68 - AKSARAY       |
| 32 - ISPARTA    | 69 - BAYBURT       |
| 33 - İÇEL       | 70 - KARAMAN       |
| 34 - İSTANBUL   | 71 - KIRIKKALE     |
| 35 - İZMİR      | 72 - BATMAN        |
| 36 - KARS       | 73 - ŞIRNAK        |
| 37 - KASTAMONU  | 74 - BARTIN        |

100 km



ŞEKİL 1: TÜRKİYE KARAYOLLARI HARİTASI



**YARARLANILAN KAYNAKLAR**

(1) Brosh Israel, "Quantitative Techniques for Managerial Decision Making", Reston Publishing Co., Reston, Virginia, 1985, p.270

(2) Markland E. Robert, Sweigat R. James, "Quantitative Methods: Applications to managerial Decision Making", John Wiley & Sons 1987, p.407

(3) Hiller S. Frederick, Lieberman J. Gerald, " Introduction to Operations Research", McGraw-Hill Publishing Co., 1990, p.342

(4) Levin I. Richard, Kirkpatrick A. Charles, Rubin S. David, "Quantitative Approaches to Management", 5th edition, McGraw-Hill Company, 1982, p.637

## Şebeke Problemi için giriş verileri

Dal Numarası	Dal Adı	Başlangıç Düzümü	Bitiş Düzümü	Mesafe
1	<1-33>	<1>	<33>	<69,00000>
2	<1-31>	<1>	<31>	<190,000>
3	<1-51>	<1>	<51>	<205,000>
4	<1-46>	<1>	<46>	<187,000>
5	<1-27>	<1>	<27>	<207,000>
6	<1-46>	<2>	<46>	<264,000>
7	<2-21>	<2>	<21>	<200,000>
8	<2-44>	<2>	<44>	<185,000>
9	<2-63>	<2>	<63>	<109,000>
10	<3-64>	<3>	<64>	<114,000>
11	<3-43>	<3>	<43>	<97,00000>
12	<3-26>	<3>	<26>	<168,000>
13	<3-6>	<3>	<6>	<257,000>
14	<3-42>	<3>	<42>	<223,000>
15	<3-32>	<3>	<32>	<165,000>
16	<4-25>	<4>	<25>	<185,000>
17	<4-36>	<4>	<36>	<221,000>
18	<4-65>	<4>	<65>	<230,000>
19	<4-49>	<4>	<49>	<254,000>
20	<5-19>	<5>	<19>	<92,00000>
21	<5-55>	<5>	<55>	<130,000>
22	<5-60>	<5>	<60>	<114,000>
23	<6-42>	<6>	<42>	<258,000>
24	<6-3>	<6>	<3>	<257,000>
25	<6-14>	<6>	<14>	<192,000>
26	<6-26>	<6>	<26>	<232,000>
27	<6-71>	<6>	<71>	<76,00000>
28	<6-18>	<6>	<18>	<131,000>
29	<7-15>	<7>	<15>	<122,000>
30	<7-32>	<7>	<32>	<147,000>
31	<7-48>	<7>	<48>	<336,000>
32	<7-70>	<7>	<70>	<518,000>
33	<8-25>	<8>	<25>	<207,000>
34	<8-36>	<8>	<36>	<207,000>
35	<8-53>	<8>	<53>	<159,000>
36	<9-48>	<9>	<48>	<100,000>
37	<9-20>	<9>	<20>	<125,000>
38	<9-64>	<9>	<64>	<277,000>
39	<9-45>	<9>	<45>	<162,000>
40	<9-35>	<9>	<35>	<126,000>
41	<10-45>	<10>	<45>	<136,000>
42	<10-64>	<10>	<64>	<225,000>
43	<10-17>	<10>	<17>	<209,000>
44	<10-16>	<10>	<16>	<150,000>
45	<11-16>	<11>	<16>	<94,00000>
46	<11-54>	<11>	<54>	<102,000>
47	<11-41>	<11>	<41>	<139,000>
48	<11-43>	<11>	<43>	<110,000>
49	<12-23>	<12>	<23>	<144,000>
50	<12-62>	<12>	<62>	<145,000>

51	<12-24>	<12>	<24>	< 275,000 >
52	<12-25>	<12>	<25>	< 180,000 >
53	<12-49>	<12>	<49>	< 115,000 >
54	<13-49>	<13>	<49>	<85,00000 >
55	<13-65>	<13>	<65>	< 170,000 >
56	<13-56>	<13>	<56>	<97,00000 >
57	<14-26>	<14>	<26>	< 296,000 >
58	<14-54>	<14>	<54>	< 114,000 >
59	<14-67>	<14>	<67>	< 160,000 >
60	<15-20>	<15>	<20>	< 168,000 >
61	<15-64>	<15>	<64>	< 171,000 >
62	<15-32>	<15>	<32>	<50,00000 >
63	<16-41>	<16>	<41>	< 132,000 >
64	<16-43>	<16>	<43>	< 178,000 >
65	<17-22>	<17>	<22>	< 223,000 >
66	<18-37>	<18>	<37>	< 111,000 >
67	<18-19>	<18>	<19>	< 156,000 >
68	<19-37>	<19>	<37>	< 225,000 >
69	<19-66>	<19>	<66>	< 105,000 >
70	<20-64>	<20>	<64>	< 152,000 >
71	<20-48>	<20>	<48>	< 153,000 >
72	<21-23>	<21>	<23>	< 151,000 >
73	<21-12>	<21>	<12>	< 144,000 >
74	<21-72>	<21>	<72>	< 133,000 >
75	<21-47>	<21>	<47>	<96,00000 >
76	<22-59>	<22>	<59>	< 141,000 >
77	<22-39>	<22>	<39>	<62,00000 >
78	<23-44>	<23>	<44>	< 101,000 >
79	<23-62>	<23>	<62>	< 133,000 >
80	<24-58>	<24>	<58>	< 247,000 >
81	<24-29>	<24>	<29>	< 144,000 >
82	<24-69>	<24>	<69>	< 153,000 >
83	<24-62>	<24>	<62>	< 130,000 >
84	<25-69>	<25>	<69>	< 124,000 >
85	<25-36>	<25>	<36>	< 206,000 >
86	<25-49>	<25>	<49>	< 263,000 >
87	<26-43>	<26>	<43>	<78,00000 >
88	<27-46>	<27>	<46>	<80,00000 >
89	<27-63>	<27>	<63>	< 138,000 >
90	<27-31>	<27>	<31>	< 195,000 >
91	<28-58>	<28>	<58>	< 394,000 >
92	<28-29>	<28>	<29>	< 237,000 >
93	<29-69>	<29>	<69>	<76,00000 >
94	<29-61>	<29>	<61>	< 100,000 >
95	<30-65>	<30>	<65>	< 203,000 >
96	<30-73>	<30>	<73>	< 531,000 >
97	<32-42>	<32>	<42>	< 266,000 >
98	<33-70>	<33>	<70>	< 234,000 >
99	<33-51>	<33>	<51>	< 198,000 >
100	<34-41>	<34>	<41>	< 111,000 >
101	<34-59>	<34>	<59>	< 131,000 >
102	<34-39>	<34>	<39>	< 208,000 >
103	<35-45>	<35>	<45>	<36,00000 >
104	<37-74>	<37>	<74>	< 181,000 >



Öneri, C:1 S:1

105	<37-57>	<37>	<57>	< 192,000 >
106	<38-50>	<38>	<50>	< 102,000 >
107	<38-66>	<38>	<66>	< 194,000 >
108	<38-58>	<38>	<58>	< 194,000 >
109	<38-44>	<38>	<44>	< 354,000 >
110	<38-46>	<38>	<46>	< 286,000 >
111	<39-59>	<39>	<59>	< 122,000 >
112	<40-68>	<40>	<68>	< 168,000 >
113	<40-71>	<40>	<71>	< 111,000 >
114	<40-66>	<40>	<66>	< 111,000 >
115	<40-50>	<40>	<50>	<93,00000 >
116	<41-54>	<41>	<54>	<37,00000 >
117	<42-68>	<42>	<68>	< 146,000 >
118	<42-70>	<42>	<70>	< 114,000 >
119	<43-64>	<43>	<64>	< 144,000 >
120	<44-58>	<44>	<58>	< 247,000 >
121	<45-64>	<45>	<64>	< 193,000 >
122	<46-44>	<46>	<44>	< 223,000 >
123	<47-63>	<47>	<63>	< 185,000 >
124	<47-72>	<47>	<72>	< 144,000 >
125	<47-73>	<47>	<73>	< 202,000 >
126	<50-51>	<50>	<51>	<77,00000 >
127	<50-68>	<50>	<68>	<75,00000 >
128	<51-68>	<51>	<68>	< 121,000 >
129	<51-38>	<51>	<38>	< 126,000 >
130	<52-60>	<52>	<60>	< 284,000 >
131	<52-55>	<52>	<55>	< 165,000 >
132	<52-28>	<52>	<28>	<44,00000 >
133	<52-58>	<52>	<58>	< 391,000 >
134	<53-69>	<53>	<69>	< 252,000 >
135	<53-61>	<53>	<61>	<76,00000 >
136	<55-57>	<55>	<57>	< 168,000 >
137	<56-72>	<56>	<72>	<89,00000 >
138	<56-73>	<56>	<73>	<96,00000 >
139	<57-74>	<57>	<74>	< 346,000 >
140	<58-66>	<58>	<66>	< 224,000 >
141	<58-60>	<58>	<60>	< 107,000 >
142	<58-29>	<58>	<29>	< 371,000 >
143	<58-62>	<58>	<62>	< 377,000 >
144	<28-61>	<28>	<61>	< 137,000 >
145	<66-71>	<66>	<71>	< 141,000 >
146	<67-74>	<67>	<74>	<89,00000 >
147	<18-71>	<18>	<71>	< 112,000 >
148	<17-59>	<17>	<59>	< 194,000 >

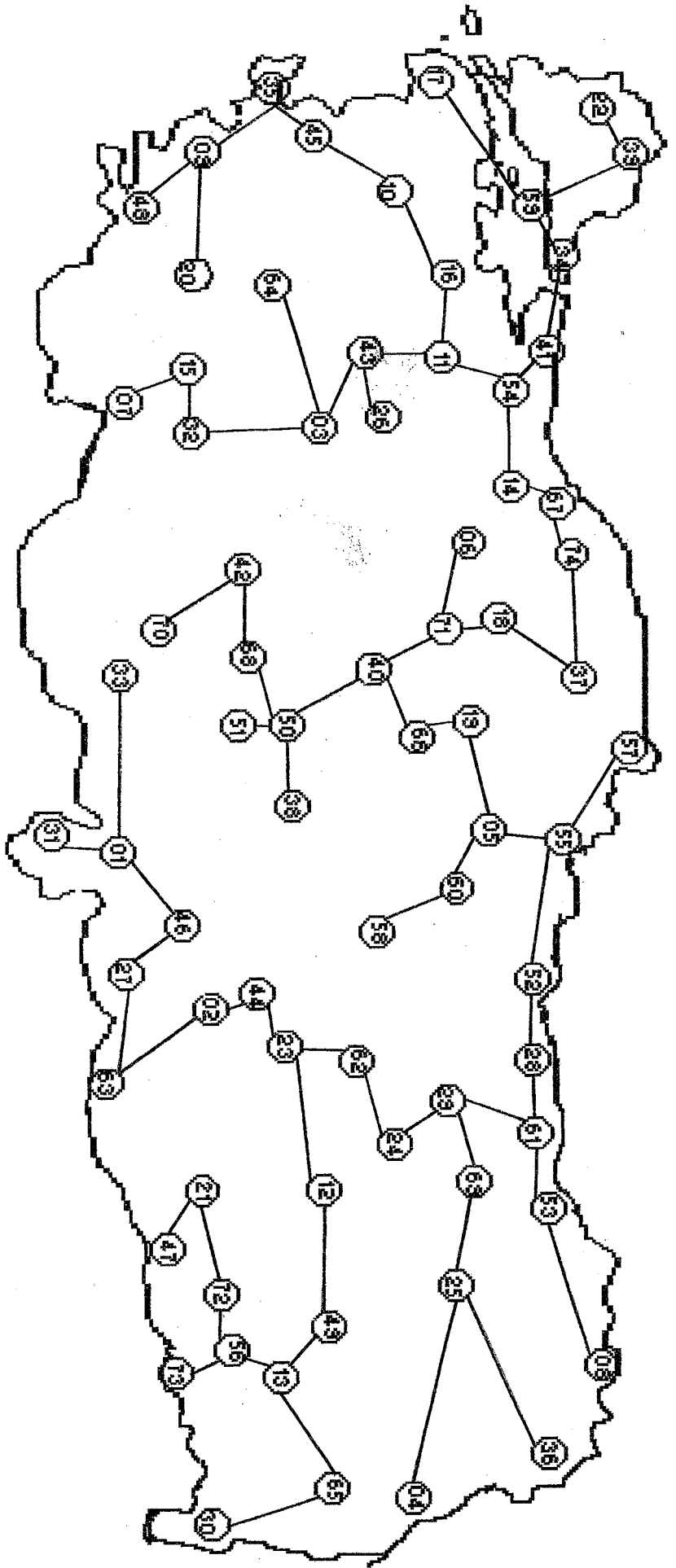
Şebeke probleminin çözüm sonucu

Dal		Mesafe
1-31	(1-31)	190
1-33	(1-31)	69
1-46	(1-46)	187
2-44	(2-44)	185
3-32	(3-32)	165
3-64	(3-64)	114
5-19	(5-19)	92
5-60	(5-60)	114
9-20	(9-20)	125
9-48	(9-48)	100
10-45	(10-45)	136
11-16	(11-16)	94
11-43	(11-43)	110
12-49	(12-49)	115
13-56	(13-56)	97
13-65	(13-65)	170
14-54	(14-54)	114
15-7	(7-15)	122
16-10	(10-16)	150
18-37	(18-37)	111
19-66	(19-66)	105
21-47	(21-47)	96
23-12	(12-23)	144
23-62	(23-62)	133
24-29	(24-29)	144
25-4	(4-25)	185
25-36	(25-36)	206
27-63	(27-63)	138
28-52	(52-28)	44
29-61	(29-61)	100
29-69	(29-69)	76
32-15	(25-32)	50
34-59	(34-59)	131
35-9	(9-35)	126
37-74	(37-74)	181
39-22	(22-39)	62
40-50	(40-50)	93
40-71	(40-71)	111
41-34	(34-41)	111
42-70	(42-70)	114
43-3	(3-43)	97
43-26	(26-43)	78
44-23	(23-44)	101
45-35	(35-45)	36
46-27	(27-46)	80
49-13	(13-49)	85
50-38	(38-50)	102
50-51	(50-51)	77
50-68	(50-68)	75
52-55	(52-55)	165
53-8	(8-53)	159

Öneri C:1 S:1

54-11	(11-54)	102
54-41	(41-54)	37
55-5	(5-55)	130
55-57	(55-57)	168
56-72	(56-72)	89
56-73	(56-73)	96
59-17	(17-59)	194
59-39	(39-59)	122
60-58	(58-60)	107
61-28	(28-61)	137
61-53	(53-61)	76
62-24	(24-62)	130
63-2	(2-63)	109
65-30	(30-65)	203
66-40	(40-66)	111
67-14	(14-67)	160
68-42	(42-68)	146
69-25	(25-69)	124
71-6	(6-71)	76
71-18	(18-71)	112
72-21	(21-72)	133
74-67	(67-74)	89

Toplam Mesafe = 8616



100 km

ŞEKİL 2 : ŞEBEKE MINİMİZASYONUNUN ÇÖZÜMÜ